

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Ярославский государственный технический университет»

**Семьдесят четвертая всероссийская  
научно-техническая конференция  
студентов, магистрантов и аспирантов  
высших учебных заведений  
с международным участием**

**Часть 1**

Сборник материалов конференции

Электронное издание

Ярославль  
2021

© Ярославский государственный технический университет, 2021  
ISBN 978-5-9914-0909-4

УДК 378:001.891  
ББК 74.58  
С30

**С30 Семьдесят четвертая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием.** 21 апреля 2021 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 2 ч. Ч. 1. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2021. – 999 с. – 1 CD-ROM. – Текст: электронный.

В первую часть сборника вошли материалы, представляющие результаты научно-исследовательской деятельности студентов, магистрантов и аспирантов в области химии и химической технологии, промышленной экологии, физико-математических наук, наземных транспортно-технологических комплексов, дорожного и автомобильного транспорта, энергетического машиностроения, материаловедения и технологии материалов, информационных технологий, а также экономики и управления.

Минимальные системные требования:  
PC PentiumIV, 512 Мб ОЗУ, Microsoft Windows XP, Adobe  
Acrobat Reader, дисковод CD-ROM, мышь

Программное обеспечение:  
Microsoft Office Word, Adobe Acrobat

Программное обеспечение для воспроизведения электронного издания:  
Adobe Acrobat Reader, браузеры Google Chrome, Yandex

Редакционная коллегия: Е.О. Степанова, И.Г. Абрамов, Д.Д. Бахасва, Е.Ю. Вавилова, В.Б. Доброхотов, А.С. Ермишин, И.Н. Куприянов, М.Н. Кюребскова, А.Г. Маланов, М.А. Майорова, Н.Л. Маркелова, В.В. Морозов, А.С. Морев, Е.О. Побегалова, П.Б. Разговоров, Т.А. Сиротина, А.В. Соколов, Л.А. Тюкина, С.В. Шкиотов.

Редакторы: В.Б. Доронина, М.А. Канакотина

Инженер по электронным изданиям: Е.В. Александрова

Объем издания: 18 Мб  
Комплектация издания 1 CD-ROM

Ярославский государственный технический университет  
150023, г. Ярославль, Московский пр., 88  
<http://www.ystu.ru>

Контактный телефон: 8 (4852) 44-12-70

Сборник конференции включает материалы следующих секций:

## **Часть 1**

- 1. Химия и химические технологии**
- 2. Промышленная экология**
- 3. Физико-математические науки**
- 4. Наземные транспортно-технологические комплексы**
- 5. Дорожный и автомобильный транспорт**
- 6. Энергетическое машиностроение**
- 7. Материаловедение и технология материалов**
- 8. Информационные технологии**
- 9. Экономика и управление**

## Часть 2

1. Машиностроение
2. Автоматизация в производственной и непроизводственной сферах
3. Стандартизация, метрология и сертификация
4. Архитектура и дизайн
5. Промышленное и гражданское строительство и транспорт
6. Управление качеством
7. Инженерно-педагогическое образование
8. Гуманитарные науки
9. Лингвострановедение и переводоведение
10. "Из школы – в ЯГТУ: территория будущего" (секция для старшеклассников)



## СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ» .....	25
В.В. Баринова, К.Л. Овчинников СИНТЕЗ РЕНТГЕНО-КОНТРАСТНОГО СРЕДСТВА 5-[N-(2,3-ДИГИДРОКСИПРОПИЛ) АЦЕТАМИДО]-N,N'-БИС(2,3-ДИГИДРОКСИПРОПИЛ)-2,4,6-ТРИЙДИЗОФТАЛАМИДА.....	25
А.Д. Барсукова, А.Р. Хасанова, Л.В. Спатлова СИНТЕЗ СУБСТРАТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОФУРОКСАНОВ.....	32
Н.Е. Башков, Р.С. Бегунов ОРИЕНТАЦИЯ РЕАКЦИИ $S_{\text{E}}\text{AR}$ ГАЛОГЕНПРОИЗВОДНЫХ ПИРИДО[1,2-А]БЕНЗИМИДАЗОЛА.....	36
А.А. Белоконева, Ю.Д. Заиченко, В.В. Сиднева, К.В. Реут ПОЛУЧЕНИЕ 2-[2-(6-МЕТИЛПИРИДИН-3-ИЛ)АЗИРИДИН-1-ИЛ]-1 <i>H</i> -ИЗОИНДОЛ-1,3(2 <i>H</i> )-ДИОНА .....	40
О.А. Беляева, Е. А. Меркулова А.В. Колобов ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ В РЯДУ ЗАМЕЩЁННЫХ 3,4-ДИГИДРО-2 <i>H</i> -ТИОПИРАНОВ.....	42
А.С. Вотина, Р.С. Бегунов ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ 7-ХЛОР-1,2,3,4-ТЕТРАГИДРОПИРИДО[1,2-а]БЕНЗИМИДАЗОЛА .....	45
И.Д. Карпов, К.Л. Овчинников СИНТЕЗ 1,3-ДИОКСИН-4-ОНОВ ..	49
Н.Н. Ларионов, К.Л. Овчинников СИНТЕЗ 4-БЕНЗИЛИДЕН-6-ФЕНИЛ-4,5-ДИГИДРОПИРИДАЗИНОНОВ .....	52
Л.В. Лобанова, Р.С. Бегунов СЕЛЕКТИВНОСТЬ РЕАКЦИИ $S_{\text{N}}\text{Ar}$ БЕНЗОТРИАЗОЛА С ОРТО-НИТРОГАЛОГЕНАРЕНАМИ ...	56
А.О. Нефедова, Е.А. Гришковская, Н.С. Кичева КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТВЕРДЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ.....	60
А.Д. Никифорова, Е.М. Горбунова КАЧЕСТВЕННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛАКТАТА КАЛЬЦИЯ, ПОЛУЧЕННОГО В ХОДЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА .....	66
Е.А. Носова, В.С. Филиппова, В.В. Сиднева, Е.Р. Кофанов ПОЛУЧЕНИЕ АЗИРИДИНОВ НА ОСНОВЕ 5-АЛКЕНИЛ-1,2,4-ОКСАДИАЗОЛОВ .....	69
М.В. Старостин, К.Л. Овчинников ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ 3,4-ДИГИДРО-2 <i>H</i> -ТИОПИРАНОВ НА ОСНОВЕ НЕСИММЕТРИЧНЫХ ДИАРИЛИДЕНКЕТОНОВ .....	72

К.Е. Фролова, М.А. Зарубина, А.В. Колобов СИНТЕЗЫ СОЕДИНЕНИЙ С АКТИВНОЙ МЕТИЛЕНОВОЙ КОМПОНЕНТОЙ .....	76
М.С. Белинов, Д.М. Немиров, Л.Г. Аниканова КРОВЬ СВЯТОГО ЯНУАРИЯ: ЛАБОРАТОРНОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЧУДА.....	79
Д.Э. Клейкова, Р.З. Карпов, И.Г. Абрамов СИНТЕЗ БРОМЗАМЕЩЕННЫХ АМИНОФЕНОКСИФТАЛЕВЫХ КИСЛОТ – МОНОМЕРОВ АВ-ТИПА ДЛЯ ПОЛИЭФИРИМИДОВ .....	83
К.А. Лебедева, И.В. Тихонов АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ГИДРОКСИПРОИЗВОДНЫХ КОРИЧНОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ОКИСЛЕНИИ МЕТИЛЛИНОЛЕАТА.....	86
К.А. Майорова, Е.С. Макарова, С.И. Филимонов МОНИТОРИНГ РЕАКЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ ГЕКСАГИДРО-5Н-ХРОМЕНО[4,3- <i>D</i> ]ПИРИМИДИН-5-ОНОВ.....	90
А.Р. Прокопцева, Л.И. Бутенко КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ФИТИНОВОЙ КИСЛОТЫ В СЕМЕНАХ ЛЬНА, СОИ И ОВСА .....	94
А.И. Сальникова, В.П. Завражнова, Е.С. Макарова, С.И. Филимонов МОДИФИЦИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ ЗАМЕЩЕННЫХ ИЗОИНДОЛ-1,3-ДИОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПЕРЕГРУППИРОВКИ ШМИДТА.....	100
Д.Р. Шангареев, Е.Д. Зарубина, Т.Н. Антонова СИНТЕЗ 1,2-ЭПОКСИЦИКЛООКТАНА НА ОСНОВЕ ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЦИКЛООКТЕНА МОЛЕКУЛЯРНЫМ КИСЛОРОДОМ.....	103
Р.Д. Мысов, А.А. Липин ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ОБОЛОЧЕК КАПСУЛИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ.....	107
А.А. Иванова, Н.А. Семенова, Н.И. Кольцов ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА РЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОАГРЕССИВОСТОЙКОЙ РЕЗИНЫ.....	110
К.Ю. Иванова, А.В. Лукин, М.В. Кузьмин, Н.И. Кольцов СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОСИЛОКСАНОВ .....	113
Н.И. Ильина, М.А. Капитонова, Н.И. Кольцов ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ НА СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ КАУЧУКОВ.....	116

К.В. Карпеев, Е.Н. Егоров, Н.И. Кольцов ВЛИЯНИЕ <i>ТРАНС-</i> ПОЛИНОРБОРНЕНА НА СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ ДЛЯ РЕЛЬСОВЫХ ПРОКЛАДOK.....	119
А.А. Кириллов, Д.Ю. Елисеев, М.В. Кузьмин, Н.И. Кольцов СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ КРЕМНИЙУРЕТАНСОДЕРЖАЩИХ ОЛИГОМЕРОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕТИЛФЕНИЛСИЛОКСАНА И ДИИЗОЦИАНАТОВ.....	122
К.А. Коннова, Е.Н. Егоров, Н.И. Кольцов ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТА НА СВОЙСТВА РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ КАУЧУКОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	125
С.И. Осипова, Н.А. Семенова, Н.И. Кольцов ВЛИЯНИЕ ZEOSIL 1165MP НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ.....	128
П.Е. Петрова, М.А. Капитонова, Н.И. Кольцов ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-МЕТИЛСТИРОЛЬНОГО И ИЗОПРЕНОВОГО КАУЧУКОВ.....	131
Л.Ю. Царева, К.В. Ефимов, Н.И. Кольцов ВЛИЯНИЕ ГИДРОСОРБЦИОННЫХ ДОБАВОК НА РЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ.....	135
К.Е. Дмитриев, А.С. Мухин, И.С. Коротнева, М.Е. Соловьев КИНЕТИКА БИОРАЗЛОЖЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИИЗОПРЕНА.....	137
П.А. Егоров, Ю.Р. Максимова, А.А. Сазанова, О.Е. Насакин СВОЙСТВА ФУРАНО-ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРБЕТОНОВ ...	140
А.И. Иванова, М.С. Игнатьева, А.Б. Ветошкин, О.Ю. Соловьева ВЛИЯНИЕ КЕРНОВОГО ОКСИДА ЦИНКА НА СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ И РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНОГО КАУЧУКА .....	143
А.Ф. Карлова, А.В. Спиридонова, Н.В. Красникова СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕТЕРОЦЕПНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 4-(1-АДАМАНТИЛ)БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ.....	147
Д. И. Кондюк, М.Е. Соловьев РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ПОДВИЖНОСТИ ПО ДЛИНЕ ЦЕПИ УБИКВИТИНА.....	150
Ю.Р. Максимова, П.А. Егоров, А.А. Сазанова, О.Е. Насакин СКОРОСТЬ ЖЕЛАТИНИЗАЦИИ ФУРАНО-ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ.....	153

П.А.Трутнев, В.В. Власов, А.Б. Ветошкин, С.В. Гудков УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПРЕСС-ФОРМА ДЛЯ ЛАБОРАТОРНОГО ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА .....	156
П.А.Трутнев, В.В. Власов ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ЭКСТРУЗИИ НА СТРУКТУРУ ПОЛИЛАКТИДА .....	160
А.И. Иванова, Д.Р. Курдюбов, А.Б. Ветошкин, С.В. Гудков ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ НАГРУЖЕНИЯ .....	163
А.В. Дунаев, П.А. Кукушкин, А.В. Тарасов НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАВНОВЕСИЯ ЖИДКОСТЬ-ПАР ПРИ ЗАМЕНЕ РАСТВОРИТЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ.....	167
Н.С. Кан, Т.Т. Нургазизова, О.Н. Кораблева О ПОВЕРХНОСТИ КОНТАКТА ФАЗ В СМЕСИТЕЛЕ ГАЗОЖИДКОСТНОГО ЭЖЕКЦИОННОГО АППАРАТА .....	171
П.А. Кукушкин, А.В. Дунаев, А.В. Тарасов О ЗАМЕНЕ РАСТВОРИТЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ТОВАРНЫХ МАСЕЛ, ПАРАФИНОВ И ЦЕРЕЗИНОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КМ-2 .....	174
Е.В. Емельянова, А.В. Ивахненко, Е.А. Индейкин, А.Е. Терешко ТЕХНОЛОГИЯ, МАТЕРИАЛЫ НАСТЕННОЙ ЖИВОПИСИ И ИКОНОПИСИ И ИХ РАСШИФРОВКА.....	178
Я.В. Кудрявцев, А.Н. Колосова, А.Е. Терешко ПОЛУЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗООКСИДНЫХ ПИГМЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	181
Д.А. Ободков, А.А. Васялина, И.В. Голиков, А.Е. Терешко ИССЛЕДОВАНИЕ ПИГМЕНТНЫХ СВОЙСТВ ЖЕЛЕЗО- СОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОСКОЛЬСКО- ГО ЗАВОДА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ ..	183
Е.В. Нестерук, А.В. Павлов ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА - РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО	185
У.Э. Турубанова, М.А. Вертен, Е.С. Соболева ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА НА СТРУКТУРУ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ И НИТРИДА БОРА .....	188
У.Э. Турубанова, М.А. Вертен, Е.С. Соболева ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОРОШКА НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ И НИТРИДА БОРА ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ .....	192

Д.В. Ушакова, А.В. Павлов	ДЕКОРАТИВНОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА .....	195
А.М. Шорохова, Е.А. Индейкин	ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ДИОКСИДА ТИТАНА В ПОРОШКОВЫХ КРАСКАХ .....	197
Г.Ф. Ахметзянова, З.С. Самигуллина	КВАНТОВО- ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВНОГО ЦЕНТРА АЛКИЛИРОВАНИЯ БЕНЗОЛА ПРОПИЛЕНОМ НА ЦЕОЛИТЕ- ВЕТА .....	199
И.З. Килинбаева, А.В. Федосов	БУДУЩЕЕ ОХРАНЫ ТРУДА: ВЫЗОВЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ.....	202
А.И. Исмагилов, Р.Ш. Япаев, О.Ю. Белоусова	ИЗУЧЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ КАТАЛИЗАТОРА МАРКИ ОКТИФАЙН 480 П ДЛЯ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА НА УСТАНОВКЕ ЛИНТЕЛ МАК-10 .....	207
И.С. Огарев, О.Ю. Соловьева, В.В. Власов, С.В. Гудков	ПОВЫШЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА С ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯР- НЫМ ПЛАСТИФИКАТОРОМ.....	211
Н.В. Терещенко, Э.Р. Зайнутдинов	СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОАМИЛЕН- ИЗОПРЕНОВОЙ ФРАКЦИИ.....	215
З.Р. Хайруллина, М.Р. Аглиуллин, С.Р. Хафизова, Б.И. Кутепов	ГИДРОИЗОМЕРИЗАЦИЯ Н-ПАРАФИНОВ НА МИКРО-МЕЗО- МАКРОПОРИСТОМ СИЛИКОАЛЮМОФОСФАТЕ SAPO-11 .....	218
С.Р. Сахибгареев, А.Д. Бадикова	МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МЕТАЛЛОХЛОРИДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ДЕСТ- РУКТИВНО-КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВО- ДОРОДНОГО СЫРЬЯ .....	221
И.И. Шамсутдинова	ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ .....	224
В.И. Щетников, Э.М. Велиев, Е.А. Удалова, П.Е. Шавшуков	ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ СКВАЖИНЫ К ОБРАБОТКЕ ЭНЗИМ-КОМПЛЕКСАМИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕ- ОТДАЧИ .....	230
СЕКЦИЯ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ».....		233

Н.Е. Бузина, К.Р. Румянцева, С.Д. Тимрот, Н.Л. Маркелова ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ МАРОК SAE 10W-40 И SAE 20W-50 .....	233
Д.С. Веселов, Е.Л. Никитина ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ КАРЬЕРНЫХ ВОД.....	238
А.М. Геннадьева, В.М. Макаров, С.З. Калаева, Е.А. Королева ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКТИВАЦИИ МАГНЕТИТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ .....	242
А.М. Геннадьева, М.М. Бобров, К.В. Кузема, С.З. Калаева ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВАЦИИ МАГНЕТИТА ПОЛУЧЕН- НОГО ИЗ ОТХОДА ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ.....	246
В.Д. Генрихсон, В.В. Макарьин ОЦЕНКА РИСКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ КОРОНАВИРУСОМ ЛИЦ РАЗЛИЧНОЙ МАГНИТНОЙ ГРУППЫ.....	250
В.А. Гонова, А.Г. Липин ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ НИКЕЛЯ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД В ЭЛЕКТРОМЕМБРАННОМ АППАРАТЕ .....	253
А.С. Зайцева, С.Д. Тимрот ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОДУКТА НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КИСЛОГО ГУДРОНА .....	256
Д.А. Никитина, Р.Э. Калаев, К.М. Муратова ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПЫЛЕВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ ОТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЫЛИ .....	259
М.А. Никитинская, Р.Э. Калаев, Н.Л. Маркелова ВЛИЯНИЕ АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЕЙ НА КУЗОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМОБИЛЯ И ОБУВЬ .....	263
С.М. Павловская, С.И. Лукина, Е.И. Пономарева ОЦЕНКА ГЛИКЕМИЧЕСКОГО ИНДЕКСА СДОБНЫХ СУХАРЕЙ С НЕТРАДИЦИОННЫМИ ВИДАМИ СЫРЬЯ .....	268
Е.С. Сергеев, О.П. Филиппова ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕСЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА АНТИКОРРОЗИОН- НУЮ АКТИВНОСТЬ ПИГМЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ .....	271
Е.С. Сергеев, О.П. Филиппова ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ КЛАССА ОПАСНОСТИ ГАЛЬВАНОШЛАМА В ПРОЦЕССЕ ФЕРРИТИЗАЦИИ.....	275
Д.Ю. Смирнов, О.Н. Кораблева, Е.А. Гирба РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА СМЕШЕНИЯ.....	280

К.П. Яблонский, Т.А. Кузнецова, В.К. Леонтьев РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТАРАНОВ. КОНСТРУКЦИИ И ПРИМЕНЕНИЕ .....	284
СЕКЦИЯ «ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ» .....	287
М.А. Баринов, П.Н. Калашников, П.А. Иванов ЗАДАЧА О ГРАВИТАЦИОННОМ КОЛЛАПСЕ .....	287
Е.А. Венедиктов, Ю.С. Половинкина ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА В ЗАДАЧЕ О НАЗНАЧЕНИЯХ .....	290
В.М. Гулин, О.Ф. Огнева ВИРТУАЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЛАБОРАТОРИИ - ПРАКТИКУМ В ДИСТАНЦИОННОМ ФОРМАТЕ .....	294
А.С. Гудин, Д.А. Зиновьев ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРНЫХ ПРИЗНАКОВ ТУРБОВИНТОВОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ БПЛА .....	297
Е.С. Килина, Т.К. Артёмова ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ ОТРЕЗКОВ ЛИНИЙ КОММУНИКАЦИЙ ПО РАССЕЯННОМУ ИМИ ЭМП.....	300
Н.Ю. Колбнева, С.О. Ширяева КАПИЛЛЯРНЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ СФЕРИЧЕСКОЙ ЗАРЯЖЕННОЙ КАПЛИ И ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН КВАДРУПОЛЬНОГО ТИПА.....	304
Б.Е. Назаренко, Т.К. Артёмова АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ВЗАИМНЫХ ИМПЕДАНСОВ В СГИБАЕМОЙ ПО ДУГЕ ОКРУЖНОСТИ АНТЕННОЙ РЕШЕТКЕ .....	308
И.М. Парнова, А.Я. Пархоменко ВЛИЯНИЕ ВКЛАДА АННИГИЛЯЦИОННЫХ ДИАГРАММ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ИНВАРИАНТНОЙ МАССЕ МЮОННОЙ ПАРЫ В РАСПАДЕ $B \rightarrow \pi + \mu + \mu -$ .....	312
М.А. Погребняк, И.С. Кашенко МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА .....	316
Е.М. Татанова ЛОКАЛЬНАЯ ДИНАМИКА УРАВНЕНИЯ С ЗАПАЗДЫВАНИЯМИ ПЕРИОДИЧЕСКИМИ КОЭФФИЦИЕНТАМИ .....	319
П.С. Шлепаков, И.В. Уваров, С.П.Зимин РАСЧЕТ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРАЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ .....	323

СЕКЦИЯ «НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ»..... 327

С.А. Махов, И.С. Тюремнов МОДЕРНИЗАЦИЯ АСФАЛЬТОВОГО КАТКА DM-7,7-VD.....	327
Д.А. Шорохов, И.С. Тюремнов ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВИБРАЦИОННЫХ КАТКОВ ПРИ УПЛОТНЕНИИ ГРУНТОВ.....	331
Д.А. Шорохов, И.С. Тюремнов УЧЕБНАЯ МОБИЛЬНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА «СТУДЕНТ» .....	335
А.Д. Марченков, Н.Е. Тарасова ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРА И ПРОУШИН КОВША С БОКОВОЙ РАЗГРУЗКОЙ.....	339
А.С. Кусмарцев, Д.И. Трошин К ВОПРОСУ О СОДЕРЖАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД .....	343
И.М. Камнев, Д.И. Трошин ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВКИ ВИНТОВЫХ СВАЙ ПРИ ПОМОЩИ МАЛОГАБАРИТНОЙ ТЕХНИКИ.....	347
А.В. Яковлев, А.С. Морев О ВИБРОПЛОЩАДКЕ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ.....	351
В.Р. Белов, Е.К. Чабуткин КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИЦЕПНОГО ПНЕВМОКОЛЁСНОГО КАТКА .....	355
Д.В. Афонин, А.В. Шипин, Д.В. Фурманов ОБЗОР НОВЫХ КОВШЕВЫХ ПОДЪЕМНИКОВ ДЛЯ ВИЛОЧНОГО ПОГРУЗЧИКА.....	360
О.В. Громова, А.С. Морев РЕАЛИЗАЦИЯ ПЛОТНОМЕРА НА БАЗЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО СЕНСОРНОГО ПАНЕЛЬНОГО КОНТРОЛЛЕРА.....	364
Т.В. Борисова, А.С. Морев АМОРТИЗАЦИЯ ВАЛЬЦА ВИБРАЦИОННЫХ ГРУНТОВЫХ КАТКОВ. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ АМОРТИЗАТОРОВ .....	368
С.С. Ефимов, И.С. Тюремнов К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОХОДНЫХ ВИБРОПЛИТ .....	372
Л.М. Шамахов, Д.В. Фурманов КОНСТРУКЦИЯ СТЕНДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЕЖУЩИЙ ЭЛЕМЕНТ ДОРОЖНОЙ ФРЕЗЫ.....	376



Н.Э. Лысаков, Д.В. Фурманов ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ РЕЗАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ.....	380
П.С. Ломов, Д.В. Фурманов, Н.Н. Клочко ВОПРОСЫ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ОГОЛОВКОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ .....	385
Г.С. Малов, Ю.Г. Попов СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ .....	390
В.И. Петров, Н.Е. Тарасова КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ .....	394
Н.Ю. Аюпова ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЯДА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ФРЕЗЫ ПИТАТЕЛЯ НА ЕЕ РАБОТУ В ОБЛАСТИ ЗАГРУЗОЧНОГО ОКНА .....	398
И.С. Кузнецов, А.И. Демидинко РАСЧЕТ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ФРЕЗЕРОВАНИЮ ГРУНТА РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ЭКСКАВАТОРА .....	402
А.В. Соболева, Д.И. Фурманов ОБОРУДОВАНИЕ РОТОРНОГО КУСТОРЕЗА.....	406
Ю.П. Иванова, В.В. Дубков ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ НЕСВЯЗНЫХ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	409
Д.А. Чебанов, Н.А.Шишин МЕТОДИКА ПОДБОРА РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ АКВАГРЕЙДЕРА.....	414
Н.С. Герасимов, И.А. Ефимкин РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ КРИОГЕННОГО БЛАСТИНГА ДЛЯ ОЧИСТКИ СВЕТОВЫХ ОГНЕЙ И МАРКИРОВКИ АЭРОДРОМА.....	418
СЕКЦИЯ «ДОРОЖНЫЙ И АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ».	422
Е.Р. Ершова, А.В. Соколов ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРОДА В АВТОМОБИЛЯХ.....	422
А.Е. Тихомиров, А.В. Соколов, Д.В. Лебедев СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ .....	426
А.С. Трохинский, А.В. Соколов, Т.В. Погодина ОСОБЕННОСТИ И ВЛИЯНИЕ НА ОБЩЕСТВЕННОСТЬ ЛОНДОНСКОГО СТРИТ-АРТА .....	430
В.О. Тюляндина, Т.М. Сибрина, Т.В. Погодина ПРОВЕРКА МОТОРНОГО МАСЛА МЕТОДОМ КАПЕЛЬНЫХ ПРОБ .....	435

В.А. Шилов, С.Г. Кондаков ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ НА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОИСШЕСТВИЯ .....	443
В.А. Шилов, В.В. Иродов, Т.В. Погодина ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИНАХ НА ИХ ИЗНОС ....	446
СЕКЦИЯ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ».....	450
Е.А. Александров, А.А. Павлов МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ЧУГУННОГО ПОРШНЯ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ .....	450
М.Е. Барсуков, А.П. Перепелин ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВПРЫСКА НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДИЗЕЛЯ .....	454
Е.С. Белоусова, И.А. Яманин, А.И. Яманин ОЦЕНКА ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННОГО ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ .....	459
А.П. Васильев, А.А. Ивнев ОСОБЕННОСТИ КОНВЕРТАЦИИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ В СУДОВЫЕ.....	464
Д.А. Вилкова, А.П. Перепелин ВОЛНЫ ДАВЛЕНИЯ В ТОПЛИВОПРОВОДЕ МЕЖДУ АККУМУЛЯТОРОМ И ФОРСУНКОЙ.....	469
М.А. Ермолаев, А.П. Перепелин ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗНОСА ФОРСУНОК ТПС НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЬНОГО АПД.....	473
М.А. Кокарев, Ю.Е. Хрящёв ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА АВТОМОБИЛЕ .....	476
И.В. Малахов, А.И. Яманин ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗНОСА ФОРСУНОК ТПС НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДИЗЕЛЬНОГО АПД.....	480
Д.М. Мальшев, Ю.Е. Хрящёв РАЗРАБОТКА САУ ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ .....	484
А.Д. Водениктов, К.Д. Выюгова, Н.Д. Чичирова О РЕЖИМЕ РАБОТЫ УПЛОТНЕНИЙ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ПАРОВЫХ КОТЛОВ .....	488
С.А. Дронов, А.В. Федюхин, В.Э. Панарин, Д.В. Семин ПРИМЕНЕНИЕ АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ РОТОРНОГО ДЕТАНДЕР-ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА МАЛОЙ МОЩНОСТИ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ .....	491

А.В. Михрютин, В.В. Михрютин РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ 3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ СБОРНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА .....	497
А.Д. Водениктов, Я.О. Шайхутдинов, Н.Д. Чичирова РЕЖИМЫ РАБОТЫ КОНДЕНСАТОРОВ, ОСНАЩЕННЫХ ДЕАЭРАЦИОННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ .....	501
П.М. Смирнов, А.А. Павлов РАЗРАБОТКА ВЫСОКОРЕСУРСНОГО САМООЧИЩАЮЩЕГОСЯ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА....	505
А.А. Тюкавкин, А.И. Яманин АНАЛИЗ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ АВИАЦИОННОГО ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ .....	508
С.А. Янин, А.П. Перепелин ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА ПРОФИЛЯ КУЛАЧКА ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ТОПЛИВА COMMON RAIL.....	511

СЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ..... 515

А.А. Алина, В.Ю.Куликов ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ХОЛОДНОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ С ЦЕЛЬЮ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ОТЛИВОК.....	515
А.А. Аминева, В.А. Алов ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АВИАСТРОЕНИИ .....	521
В.Д. Бондарева, А.Д. Припадчев, А.Г. Магдин, А.А. Горбунов ВОДОРОД И СЖИЖЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ, КАК ТОПЛИВО - ТУПИКОВОЕ ПРОШЛОЕ ИЛИ ПЕРСПЕКТИВНОЕ БУДУЩЕЕ.....	525
Д.А. Горохов, И.О. Леушин КРИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОПИТКИ ПОРИСТОГО ЛИТЬЯ .....	530
П.А. Горохов, И.О. Леушин УПРАВЛЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЕМ ПЕНЫ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РАСПЛАВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОТЛИВОК ИЗ ПЕНОАЛЮМИНИЯ.....	535
К.Е. Дуркина, Н.И. Вершинина СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ .....	538
А.В. Калинин, А.Г. Панов РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО МОДИФИЦИРОВАНИЮ СТРУКТУРЫ ЧУГУНА.....	542

Е.А. Кошутина, Д.Д. Маланова, И.Е. Балмасов, Е.П. Кондратьева АНАЛИЗ МАРОК СТАЛИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ТЯГОВЫХ ПЕРЕДАЧ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА .....	547
В.Р. Кузьмичев, Н.И. Вершинина АНАЛИЗ 3D-MID ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕНОСА РИСУНКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ НА КОРПУСНЫЕ ДЕТАЛИ .....	551
Д.Ю. Кустов, В.А. Алов ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ ФИЛЬТРОВ.....	555
А.В. Лазутин, М.В. Калашников ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ 40ХГСНМ .....	559
Н.Д. Лябихов, И.Н. Куприянов АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ....	562
А.И. Марков, И.О. Леушин СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИЙ СЛОЖНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ .....	566
Д.А. Мартынов, А.Г. Магдин, А.Д. Припадчев, Е.М. Езерская АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	570
М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНОГО СООТНОШЕНИЯ В ПОЛИМЕР- МИНЕРАЛЬНОМ КОМПОЗИЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА .....	574
А.В. Мысына ДИФФУЗИОННАЯ СВАРКА СПЛАВОВ ВТ1-0 И АД1 .....	577
Р.А. Нестеренко, А.Г. Магдин, А.Д. Припадчев, А.А. Горбунов МАТЕРИАЛЫ, РАБОТАЮЩИЕ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ.....	580
В.А. Новикова, В.А. Алов ВАКУУМНАЯ МЕТАЛЛИЗАЦИЯ ПЛАСТМАССОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ.....	583
Л.М. Петровых, Т.Д. Стоянова МАТЕРИАЛЫ В МЕДИЦИНЕ.....	586
А.Н. Порошина, В.А. Иванова АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛИКА ВОДЯНОГО НАСОСА ДВС.....	590
А.В. Смирнова, М.С. Тюник, Т.Д. Стоянова МЕТОД УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТА ОТПУСКА ЗАКАЛЕННОГО СЛОЯ НА БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗУБА ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА ПРИ ЗАКАЛКЕ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ .....	593
М.С. Тюник, А.В. Смирнова, Т.Д. Стоянова ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИНЫ РАЗРУШЕНИЯ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА ЭЛЕКТРОВОЗА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	597

М.С. Тюник, Т.Д. Стоянова ПЕРСПЕКТИВЫ 3-D ПЕЧАТИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ КУПОЛЬНЫХ СТРУКТУР ИЗ ГЛИНОБЕТОНА .....	601
М.С. Тюник, А.В. Смирнова, Е.О. Побегалова АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К БЕТОННЫМ НАПОЛЬНЫМ ПОКРЫТИЯМ ПЛАВИЛЬНЫХ ЦЕХОВ.....	605
Н.В. Филиппов, А.А. Воробьева, Д.А. Стрельцова, С.С. Аникеев, И.Н. Куприянов АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ.....	609
Р.О. Хватов, В.А. Алов ОПТИЧЕСКИЕ ПЛАСТМАССЫ.....	613
Е.Н. Ширяева, М.А. Полякова ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕПЕЙ МАРКОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ СТАЛЬНОЙ ПОЛОСЫ .....	616
Д.А. Щаднев, Н.И. Вершинина АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ .....	619
А.С. Козлов, Т.Д. Стоянова ВЛИЯНИЕ ПЕРЕГРЕВА СТАЛИ ПРИ ЗАКАЛКЕ НА ПРОЦЕСС ШЛИФОВАНИЯ ШЛИЦЕВОГО ХВОСТОВИКА ПЕРВИЧНОГО ВАЛА.....	623
Т.В. Суханова, А.В. Смирнов, Е.Н. Фуртова ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПО ЭКСПЕРТИЗЕ МАТЕРИАЛОВ .....	628
Т.В. Суханова, А.В. Смирнов, Д.И. Рощин, Д.А. Юрьев ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НАПОЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ УЧАСТКА ВАГРАНОЧНОЙ ПЛАВКИ .....	631
СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ».....	635
В.С. Пашичев, Т.К. Ивашковская ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕСКОЛЬКИХ СЕРВИСОВ В КОНТЕКСТЕ МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЫ .....	635
С.А. Валов, А.Б. Раухваргер ОБ АЛГОРИТМАХ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ ВЫРАВНИВАНИЕМ ЗАДАВАЕМОГО КОЛИЧЕСТВА ДИАПАЗОНОВ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ЧАСТОТНЫМИ И ИНФОРМАЦИОННЫМИ УРОВНЯМИ.....	639
П.А. Дурандин, А.Б. Раухваргер ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЯРКОСТНО-КОНТРАСТНОЙ ЛУПЫ ....	643

А.С. Киселев, А.Б. Раухваргер О ПУТЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АЛГОРИТМА ЧАСТОТНО-ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО РАСТЯЖЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЛОКАЛЬНО-ФРАГМЕНТАРНОЙ СХЕМЕ....	647
В.Н. Коршунов, А.Б. Раухваргер ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ НАЛОЖЕНИЯ АЛГОРИТМА ЧАСТОТНО-ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО РАСТЯЖЕНИЯ И ТЕЛЕВИЗИОННОГО АЛГОРИТМА С КРАТНЫМ ИЗМЕНЕНИЕМ ЯРКОСТИ .....	651
И.Ю. Кузнецов, А.Б. Раухваргер ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ОСНОВАННОГО НА РАВНОМЕРНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ЗАДАВАЕМЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ ИНТЕРВАЛОВ ГИСТОГРАММЫ.....	655
В.А. Матвеев, А.Б. Раухваргер ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦВЕТНОЙ МОДЕЛИ RGB ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА ..	659
Е.Н. Юргенсон, А.Б. Раухваргер ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ АЛГОРИТМОМ ДВУХУРОВНЕГО МЕДИАННОГО АНАЛИЗА С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНО-ФРАГМЕНТАРНОЙ СХЕМЫ .	662
А.А. Аракчеева, С.Ю. Бойков АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ТЕКУЩЕЙ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ СРЕДСТВАМИ POWER BI.....	665
И.Ю. Костикова, С.И. Моднов, С.Ю. Бойков О ЗНАЧИМОСТИ КОНТЕЙНЕРНОЙ ВИРТУАЛИЗАЦИИ НА БАЗЕ DOCKER В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ .....	668
Д.А. Хабаров, Л.М. Ершова, А.В. Никитенко О СРЕДСТВАХ ВЕДЕНИЯ КОНКУРЕНТНОЙ РАЗВЕДКИ .....	672
Н.А. Горинев, М.Е. Соловьев ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОСТАВОК СЫРЬЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ИЗНОШЕННЫХ ШИН.....	677
Д.В. Шпилькин, Ю.М. Горовой РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ПЛАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ В РАМКАХ ТЕХНОЛОГИИ SLM .....	680
В.М. Красильников, В.К. Маевский НАСТРОЙКА ЛОКАЛИЗАЦИИ В IOS-ПРИЛОЖЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ SWIFT.....	684

А.О. Де-Рибас, В.К. Маевский РАЗРАБОТКА WEB СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРХИТЕКТУРЫ MODEL 2 .....	688
А.А. Изварина, В.К. Маевский РАЗРАБОТКА ANDROID ПРИЛОЖЕНИЯ С ВСТРОЕННОЙ БАЗОЙ ДАННЫХ.....	692
А.А. Соловьева, В.К. Маевский РАЗРАБОТКА ANDROID ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ С МАССИВАМИ .....	696
Г.А. Ковбасюк, В.К. Маевский ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛЕФОННЫХ ВЫЗОВОВ ДЛЯ ЗАПИСИ НА СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ .....	700
А.А. Новрузов, В.К. Маевский ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАНШЕТОВ.....	704
А.А. Чуклин, В.К. Маевский ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОДАЖИ БИЛЕТОВ НА ДЕТСКУЮ ИГРОВУЮ ПЛОЩАДКУ .....	707
М.С. Желябина, Е.В. Ломанова ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК РЕСУРС РАЗВИТИЯ АВТОШКОЛ.....	711
К.Н. Герасимова, Е.В. Ломанова О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ МЕНТАЛЬНЫХ КАРТ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ ВУЗА.....	715
К.А. Бобков, А.О. Алиева ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ RPA ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОФИСНЫХ ПРОЦЕССОВ.....	719
Я.Е. Колобова, Е.Н. Черных ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КОНТРОЛЬНО-СЧЕТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗА СЧЕТ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ СУБЪЕКТА РФ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ.....	724
А.А. Воронова, Е.Н. Черных АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ НАРУШЕНИЙ В СФЕРЕ ЗАКУПОК ТОВАРОВ, РАБОТ И УСЛУГ, АНАЛИЗА ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАКУПОК С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	728
К.А. Уколова, О.В. Камакина ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ В ЭЛЕКТРОННОМ АРХИВЕ НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ ООО "НПО "КРИСТА" - "WEB-ИСПОЛНЕНИЕ БЮДЖЕТА" .....	733
А.А. Тихомиров, О.С. Антонова РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ	

ДЛЯ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ .....	738
А.А. Болотова, А.С. Журавлева РАСПОЗНАВАНИЕ ПАТОЛОГИЙ НА КОЛОНОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПРЯМОГО КИШЕЧНИКА С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА НА ОСНОВЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА..	742
А.В. Сенников РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПО ДЕТЕКТИРОВАНИЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ .....	746
А.А. Шлапаченко РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯХ ВО ВРЕМЯ СПОРТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	750
А.А. Данилов РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ТРЕКИНГА ОБЪЕКТОВ НА ВИДЕОДАННЫХ СПОРТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ.....	753
М.Д. Удодова РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИДЕОАНАЛИТИКИ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОНЛАЙН-УРОКОВ ФИЗКУЛЬТУРЫ И ДОМАШНЕГО ФИТНЕСА .....	755
Н.В. Котов, А.Е. Назаровский, В.В. Хрящев ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ЗАДАЧЕ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ВИДЕОАНАЛИТИКИ НА СТРОИТЕЛЬНОМ ОБЪЕКТЕ .....	759
Е.А. Паутов РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ.....	766
Д.Н. Панева РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ МОБИЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ПО РАЗЛИЧНЫМ ТУРИСТИЧЕСКИМ ЛОКАЦИЯМ .....	770
Н.Д. Сидоров ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ .....	774
Р.В. Ларионов РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СЕГМЕНТАЦИИ НЕЗАКОННЫХ СВАЛОК ТБО НА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ .....	778
Д.М. Пинтюгов, П.А. Шустров, А.Л. Приоров АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ ЛАБИРИНТА И ПОИСКА В НЕМ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ.....	782



А.С. Седов, Д.А. Назаров, А.Л. Приоров АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК, ПОЗВОЛЯЮЩИХ ОЦЕНИТЬ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ РАДИОСЕТИ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОВ .....	786
Д.А. Михайлов, А.А. Мохов, В.А. Коковкина РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАНАЛА ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ МЕХАНИЗМАМИ .....	789
В.Д. Набилков, М.А. Дубов АНАЛИЗ МОДУЛИРОВАННЫХ РАДИОСИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	793
СЕКЦИЯ «ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ».....	797
Н.С. Арихина, М.А. Угрюмова ВОВЛЕЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ .....	797
Д.С. Аржанухин, М.С. Кузнецов РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА «ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КЛИНОВЫХ РЕМНЕЙ» .....	801
А.С. Аферова, М.Б. Абрамова ВЛИЯНИЕ ЭКОНОМИКИ ВПЕЧАТЛЕНИЯ НА ПРОДАЖУ ТОВАРОВ .....	805
А.А. Бархатова, Я.Д. Чистякова, В.Д. Сухов ЗНАЧИМОСТЬ ЛИЧНОГО БРЕНДА В ФОРМИРОВАНИИ ИМИДЖА СОВРЕМЕННОГО СТУДЕНТА.....	809
Б.Г. Бессарабов, В.Д. Сухов БЛОКЧЕЙН НА ПРЕДПРИЯТИИ БУДУЩЕГО .....	813
Д.В. Борисов, В.М. Копров РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА КАК ОСНОВА ЭКОНОМИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ .....	818
И.А. Бровкин, М.Б. Абрамова ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРСОНАЛА .....	822
А.А. Вербицкая, И.В. Иванова КАЧЕСТВО БАНКОВСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ: СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА УЛУЧШЕНИЕ СЕРВИСА.....	826
Л.С. Витвицкая, А.П. Иванова, А.Н. Савичева ПРОГНОЗ ДОЛИ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ В ВОЗРАСТЕ ДО 39 ЛЕТ В ОБЩЕЙ ЧИСЛЕННОСТИ РОССИЙСКИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ ДО 2024 ГОДА .....	830

М.В. Волкодав, К.В. Зими́на, В.Д. Сухо́в	ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРАВНИТЕЛЬНОГО ПОДХОДА.....	837
М.И. Володки́на, М.А. Угрю́мова, А.С. Угрю́мов	ТЕРРЕТОРИАЛЬНО ГЕНЕРИРУЮЩИЕ КОМПАНИИ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ .....	840
Е.С. Дудки́на, Т.Н. Несиоловская	СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ .....	845
А.М. Дюдюки́на	ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЭКОНОМИЧЕСКОГО СУБЪЕКТА .....	849
А.М. Дюдюки́на	СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГУЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ДВИЖЕНИИ ТОВАРОВ ПО МСФО И РОССИЙСКОЙ БУХГАЛТЕРСКОЙ (ФИНАНСОВОЙ) ОТЧЕТНОСТИ.....	853
Е.Е. Еремеева, М.А. Угрю́мова	УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ПЕРСОНАЛА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМК.....	857
К.В. Ермакова, А.В. Павло́в	ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МИСТИФИКАЦИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕАЛЬНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ У БАКАЛАВРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ .....	861
М.С. Желяби́на, Э.А. Михайло́ва	МЕЖБЮДЖЕТНЫЕ ТРАНСФЕРТЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: КЛЮЧЕВЫЕ ВОПРОСЫ .....	863
Ю.М. Ива́нова, М.Б. Абра́мова	РОЛЬ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ В СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ .....	867
А.П. Ива́нова, Л.С. Витви́цкая, А.Н. Савичева	РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОБЩЕРЫНОЧНОГО РИСКА НЕВЫПЛАТЫ ИПОТЕЧНЫХ И БЕЗЗАЛОГОВЫХ КРЕДИТОВ НА ОСНОВЕ МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ.....	871
А.В. Карава́шкин, Е.С. Марко́в, М.Ю. Чистяко́в, Г.А. Роди́на	ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕМ.....	879
Д.С. Коро́вкина, Е.В. Ломано́ва	ERP-СИСТЕМЫ КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫМ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ.....	883

В.Д. Кульпинова, М.И. Маркин ВЛИЯНИЕ КРИЗИСА НА ВЕРОЯТНОСТЬ ДЕФолТА ПРОДУКТОВОГО РИТЕЙЛА .....	887
В.В. Макурина, Д.О. Михайлова, Г.А. Родина НЕДОБРОСОВЕСТНАЯ РЕКЛАМА: МНОГО ЛИ ЕЁ В НАШЕЙ ЖИЗНИ?.....	892
Е.С. Маслова, И.В. Иванова УПРАВЛЕНИЕ КОНФЛИКТАМИ В ОРГАНИЗАЦИИ .....	897
А.В. Махина, М.А. Угрюмова ВЛИЯНИЕ ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ .....	900
Д.М. Неяскин, А.В. Белов ОЦЕНКА ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПУТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ.....	906
А.М. Рехина, М.И. Маркин СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ.....	913
Н.И. Сергеев, О.И. Вознюк, М.Б. Абрамова ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ В КОЛЛЕКТОРСКОМ АГЕНТСТВЕ .....	918
Д.А. Смирнов, Э.А. Михайлова РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИЙ ТУРИСТИНДУСТРИИ В ПОСТКОРОНАВИРУСНЫЙ ПЕРИОД.	921
Е.С. Смирнова, А.А. Трубникова, А.А. Киселев ИЗМЕНЕНИЕ РОЛИ МАРКЕТИНГА КАК КОНКУРЕНТНОГО ФАКТОРА ОРГАНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ «ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ».	925
Я.А. Терентьева, В.Д. Сухов МОТИВАЦИЯ ПЕРСОНАЛА В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ .....	929
М.В. Тимофеева, М.М. Тупина, А.П. Карасев УПРАВЛЕНИЕ МОТИВАЦИЕЙ СОТРУДНИКОВ В ОРГАНИЗАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕШНИХ СТИМУЛОВ.....	933
М.В. Тимофеева, М.М. Тупина, А.П.Карасев ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ СОТРУДНИКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ .....	936
М.А. Тихомирова, А.А. Киселев ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ С КЛИЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ CRM-СИСТЕМЫ.....	939
П.А. Уточкина, А.А. Голышев, В.Д. Сухов АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ИЗДЕЖЕК СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ.....	943
П.А. Уточкина, Л.В. Смирнов, М.Б. Абрамова ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬ-	

НОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	947
А.А. Чистякова РОЛЬ РЕМИТТАНСОВ В ЭКОНОМИКЕ МЕКСИКИ.....	951
И.А. Шалаев, Т.Н. Несиоловская СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ПРИ УДАЛЕННОМ ФОРМАТЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛА....	955
А.А. Шашкина, И.В. Иванова К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТИЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗА- ЦИЕЙ.....	959
В.В. Шушкова ОПТИМИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИ- РОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ДОХОДНОСТИ И РИСКА.....	963
А.А. Щербакowa СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОС- ТЕЙ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ФИНАНСИРОВАНИЯ СТАРТАПОВ.....	968
А.А. Щербакowa МЕТОДЫ ПРОДВИЖЕНИЯ КОМПАНИИ И БРЕНДА В ИНТЕРНЕТЕ.....	973
К.А. Шестакова, А.В. Кольцова КРЕДИТНАЯ ПОЛИТИКА КОММЕРЧЕСКИХ БАНКОВ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ .....	977
В.Н. Муратова, А.В. Кольцова СОСТОЯНИЕ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИТНЕС-КЛУБОВ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ КОРОНАВИРУСА .....	981
П.С. Новиков, М.А. Ковальчук ОСОБЕННОСТИ СТИЛЕЙ РУКОВОДСТВА В ОРГАНИЗАЦИИ .....	985
Ю.М. Иванова, А.И. Сазонов ВЛИЯНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ .....	988
И.И. Сенникова, А. И. Сазонов ЦЕННОСТИ НОВЫХ СОТРУДНИКОВ В СООТВЕТСТВИИ С МОДЕЛЬЮ СПИРАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ В КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЕ .....	992
Ю.М. Зимин, Ю.В. Васильков ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕС- КОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ.....	997

# СЕКЦИЯ «ХИМИЯ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 54.057

## СИНТЕЗ РЕНТГЕНОКОНТРАСТНОГО СРЕДСТВА 5-[N-(2,3-ДИГИДРОКСИПРОПИЛ) АЦЕТАМИДО]-N,N'-БИС(2,3-ДИГИДРОКСИПРОПИЛ)-2,4,6-ТРИЙОДИЗОФТАЛАМИДА

**В.В. Барина, К.Л. Овчинников**

Научный руководитель - **К.Л. Овчинников**, канд. хим. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Описание заключительной стадии получения 5-[N-(2,3-дигидроксипропил) ацетамидо]-N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамида, который относится к новым неионным йодированным рентгеноконтрастным средствам для внутримозгового, но особенно для сосудистого применения.*

**Ключевые слова:** рентгеноконтрастное средство, подбор условий, изофталевая кислота, иод, реакция алкилирования.

## SYNTHESIS OF X-RAY CONTRAST AGENT 5- [N- (2,3-DIHYDROXYPROPYL) ACETAMIDO] -N, N'-BIS (2,3-DIHYDROXYPROPYL) -2,4,6-TRIODISOPHTHALAMIDE

**V. V. Barinova, K.L. Ovchinnikov**

Scientific Supervisor – **K.L. Ovchinnikov**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Description of the final stage of obtaining 5-[N- (2,3-dihydroxypropyl) acetamido]-N,N'-bis(2,3-dihydroxypropyl)-2,4,6-triiodisophthalamide, which belongs to new non-ionic iodinated X-ray contrast agents for intracerebral, but especially for vascular use.*

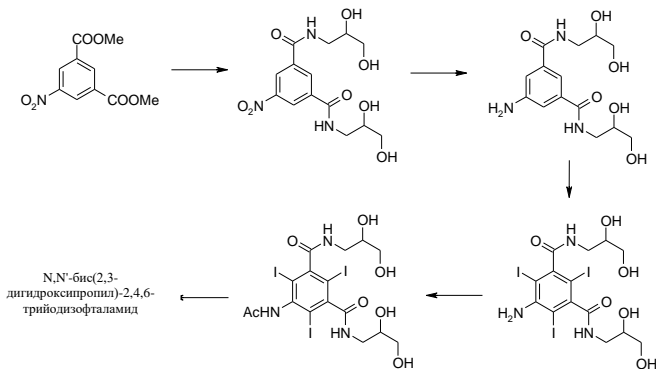
**Keywords:** X-ray contrast agent, selection of conditions, isophthalic acid, iodine, alkylation.

5-[N-(2,3-Дигидроксипропил)ацетамидо]-N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамид – химическое лекарственное вещество неионного йодированного рентгеноконтрастного агента, который является одним

из наиболее часто используемых агентов в диагностической рентгенографии [1]. Основными достоинствами данного препарата являются высокая стабильность и низкая осмолярность, что делает его существенно более эффективным средством по сравнению с ионными препаратами.

В основу структуры молекулы 5-[N-(2,3-дигидроксипропил)ацетида]-N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамида положена изофталевая кислота, в ароматическую систему которой вводятся три атома йода, а в боковые цепи – увеличивающие растворимость препарата в водных средах гидрофильные группы. Согласно данным патента [2] синтез N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамида (субстанция-порошок) включает 7 ключевых стадий (без учета стадий фильтрации, перегонки и сушки): Нитрование изофталевой кислоты (1), восстановление нитрогруппы (2), получение трийодпроизводного (4), получение дихлорангидрида (5), ацилирование (6), амидирование (7), алкилирование – получение 5-[N-(2,3-Дигидроксипропил)ацетида]-N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамида (8).

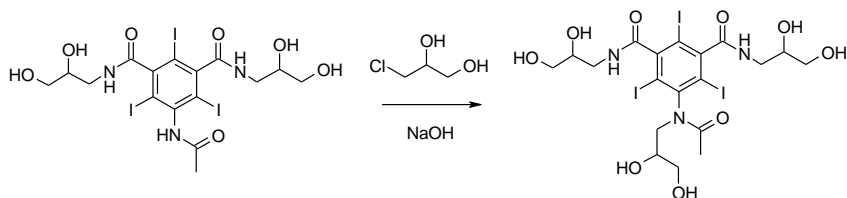
Отображенная на рис. 1 схема синтеза N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамида в настоящее время принята за основу.



**Рис. 1. Схема синтеза N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамида согласно патенту [1]**

*Получение 5-[N-(2,3-Дигидроксипропил)ацетида]-N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамида*

На этой стадии осуществляется N-алкилирование 5-ацетида-2,4,6-трийодо-N,N'-бис-(2,3-дигидроксипропил)изофталамида по атому азота N-ацетильной группы (рис. 2).



**Рис. 2. Алкилирование 5-ацетида-2,4,6-трийодо-N,N'-бис-(2,3-дигидроксипропил)изофталамида**

Рассматриваемая стадия воспроизведена не в полном объеме.

При проведении первой части работ мы столкнулись с проблемами по лабораторному воспроизведению последней стадии получения 5-[N-(2,3-дигидроксипропил) ацетида]-N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамида: алкилирование 5-ацетида-2,4,6-трийодо-N,N'-бис-(2,3-дигидроксипропил)-изофталамида 3-хлорпропандиолом, особенно в плане выделения и очистке продукта и проблемами с экстраординарной гигроскопичностью. Патентные методики выделения и очистки по проведению последней стадии синтеза 5-[N-(2,3-дигидрокси-пропил) ацетида]-N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизо-фталамида и его очистке до фармакопейного качества не воспроизводятся даже в лабораторных условиях, а, следовательно, требуют проведения дополнительной научно-исследовательской работы.

*Методика синтеза 5-[N-(2,3-дигидроксипропил)ацетида]-N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамида.*

В реактор загружают 1,0204 мл метоксиэтанола, включают мешалку и при перемешивании загружают 0,0784 г гидроксид натрия. Массу в реакторе выдерживают при перемешивании 2,5 часа. По окончании времени выдержки в рубашку реактора подают теплоноситель, массу в реакторе нагревают до 55 °С и загружают в реактор 1,0001 г N-1. Массу в реакторе перемешивают при данной температуре до полного растворения осадка. По окончании расточения осадка в рубашку реактора подают хладагент, массу в реакторе охлаждают до температуры от 30 до 35 °С и загружают 0,15 мл 3-хлорпропандиола-1,2. Массу в реакторе перемешивают при данной температуре 2 часа. По окончании перемешивания в реактор загружают ещё 0,0091 мл 3-хлорпропандиола-1,2, массу в реакторе при тех же условиях перемешивают 32 часа. По окончании времени выдержки проверяем значение pH = 6. Подкисляем смесь уксусной кислотой до значения pH = 4-5. Из-за трудностей перемешивания добавляем 2 мл метоксиэтанола. Фильтруем. Фильтрат прикапываем к 15 мл горячего изопропанола. Перемешиваем при нагревании 30 минут. Реакционную массу упариваем на роторе. К полученному маслу добавляем 6 мл изопропанола. Фильтруем. Сушим при температуре 40 °С. Выход целевого продукта составил 0,8635 г (86,38%), содержание основного вещества 99,73%.

В результате анализа ВЭЖХ по показателю «Родственные соединения» полученный продукт не соответствует допустимым значениям.

**Таблица 1. Результаты анализа ВЭЖХ полученного продукта IOGE -1**

Контролируемый параметр	Допустимое значение	Полученный результат	Соответствует (ДА/НЕТ)
Родственные соединения (ВЭЖХ)	Содержание: - суммы примесей А и Н - не более 0,5%; - суммы О - алкильных соединений - не более 0,6%; - примеси С - не более 0,1%; - единичной неидентифицированной примеси - не более 0,1%. <i>Сумма всех примесей – не более 1,5%.</i>	Содержание: - суммы примесей А и Н - 0,12%; - суммы О - алкильных соединений - 1,40%; примеси С - 0,15%; - единичной неидентифицированной примеси №1 - 0,09%; - неидентифицированная примесь № 2- 0,05%; <i>Сумма всех примесей - 1,85%.</i>	НЕТ

Проведены исследования по подбору подходящего растворителя и основания для проведения реакции, подобраны оптимальные температурные режимы.

В качестве растворителей при проведении синтеза рассматривали: метоксиэтанол, метанол, вода, 1-метокси-2-пропанол.

При использовании метоксиэтанола гомогенизация реакционной массы наступала через 1.5-2 ч, при использовании метанола – через 1 ч, кроме того реакционная масса с метоксиэтанолом более вязкая и поэтому значительно медленнее фильтруется. Во всех случаях после осаждения пропанолом-2 продукт выпадал в виде белых, слипающихся при перемешивании хлопьев, которые налипают на стенки реактора. Из табл. 2 видно, что состав выпавшего осадка принципиально не отличается от состава реакционной массы.

**Таблица 2. Состав осадка после проведения синтеза в метоксиэтаноле и метаноле**

Наименование растворителя	Время удержания, мин	Площадь, %
Метоксиэтанол	8,379	80,68
Метанол	8,426	83,63

На основании проведенных экспериментов мы пришли к выводу, что использование метоксиэтанола для проведения синтеза не имеет преимуществ относительно использования метанола. Поэтому дальнейшие эксперименты проводили с использованием в качестве растворителя метанола.

В качестве оснований для проведения синтеза нами были рассмотрены: NaOH, KOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, метилат натрия. Было проведено сравнение гидроксида натрия и метилата натрия.



**Таблица 3. Результаты подбора основания для данной стадии синтеза**

Основания	Протекание реакции	Состав реакционной смеси при проведении синтеза, %		Вывод
		Исходное соединение	Целевой продукт	
NaOH	Гомогенная реакционная масса	3,64	88,87	Приемлем для проведения алкилирования
CH <sub>3</sub> ONa	Реакционная масса оставалась гетерогенной	3,90	88,83	Приемлем для проведения алкилирования

Метилат натрия готовили растворением расчетного количества натрия в метаноле. Очевидно, что использование метилата натрия и гидроксида натрия в качестве оснований на стадии алкилирования приводит к сравнимым результатам. Единственное отличие – при использовании метилата натрия реакционная масса оставалась гетерогенной, вероятно, за счет плохой растворимости промежуточно образующейся натриевой соли N-1 в безводной реакционной смеси. Осаждение продукта пропанолом-2 из реакционной массы в обоих случаях не приводит к качественным изменениям состава осадка относительно реакционной массы. Дальнейшие эксперименты проводились с использованием NaOH.

Нами были исследованы температурные зависимости превращения продукта N-1 в 5-[N-(2,3-дигидроксипропил) ацетамидо]-N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамид (стадия алкилирования). Целью работы являлись как поиск оптимального времени синтеза, так и оптимальных температурных режимов для получения продукта с минимальным количеством примесных соединений. Эксперименты проводились при температуре 20, 25, 35 и 45°C.

В результате исследования сделали вывод, что чем меньше температура реакции, тем больше потребуется количество хлорпропандиола, это связано с его гидролизом во время реакции. Чем меньше температура реакции, тем меньше образуется побочных продуктов. Результаты представлены в таблице 4.

**Таблица 4. Данные по количественному введению алкилирующего агента**

Температура реакции, °C	Количество хлорпропандиола, соотношение	Время реакции, ч
45	1:1	8
35	1:1,5	16
25	1:1,5	24
20	1:2	Более 36 ч

Оптимально проведение синтеза при 25-30 °С, 50% избыток хлорпропандиола относительно стехиометрии процесса, время синтеза 20-24 ч, также образуется наименьшее количество примесей образуется при 25 °С.

#### *Выделение и очистка*

Проведенные нами эксперименты показывают, что выделение и очистка продукта сопряжены со значительными сложностями. При разбавлении реакционной массы (как при проведении реакции в метаноле, так и в метоксиэтаноле) горячим пропанолом-2 продукт выпадает в виде хлопьев, которые затем слипаются в вязкое масло, прилипающее к дну и стенкам сосуда.

Отгонка части пропанола-2 из реакционной смеси позволяет получить продукт в кристаллическом виде, однако основная часть продукта кристаллизуется на стенках стакана и для отделения фильтрованием его приходится со стенок соскабливать шпателем, т.е. при масштабировании процесса в реакторе следует предусматривать особые эффективные режимы перемешивания. Степень очистки относительно состава реакционной массы – сравнительно ничтожна и снижает количество примесей всего на 10-20%.

Наиболее вероятная причина этого явления – наличие остаточной воды в растворителях. Действительно, согласно ГОСТ 9805-84 пропанол-2 абсолютированный содержит 0,15% воды. Вода вносится также со щелочью.

В ряде экспериментов для удаления воды мы упаривали реакционную массу досуха на ротационном испарителе, остаток растворяли в метоксиэтаноле, фильтровали от нерастворимого в метоксиэтаноле остаточного N-1 и примесей неорганических солей, упаривали повторно на ротационном испарителе досуха, выдерживали остаток в вакууме водоструйного насоса 2-3 ч при 80 °С (до прекращения выделения из оставшегося масла пузырьков), остаток растворяли в абсолютном метоксиэтаноле и осаждали выливанием в обезвоженный пропанол-2. В этом случае удается получить твердый продукт (табл. 5).

**Таблица 5. Влияние переосаждения на удаление примесей из 5-[N-(2,3-дигидроксипропил) ацетида]-N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамида**

Контролируемый параметр	Допустимое значение	Полученный результат	Соответствует (ДА/НЕТ)
Родственные соединения (ВЭЖХ)	Содержание: - суммы примесей А и Н - не более 0,5%; - суммы О- алкильных соединений - не более 0,6%; - примеси С- не более 0,1%; - единичной неидентифицированной примеси - не более 0,1%. <i>Сумма всех примесей – не более 1,5%.</i>	Содержание: - суммы примесей А и Н - 0,10%; - суммы О - алкильных соединений - 1,18%; - примеси С - 0,15%; - единичной неидентифицированной примеси № 1 - 0,0%; <i>Сумма всех примесей - 1,43%.</i>	НЕТ

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Reddy K.R. A practical large-scale synthesis of 5- [N- (2,3-dihydroxypropyl) acetamido] - N, N'-bis (2,3-dihydroxypropyl) -2,4,6-triiodisophthalamide / E.V. Reddy, L. Sunil, S. Kumar // International Journal of Chemical Science. Vol. 2. Iss. 2. 2018. P. 18-22.
2. Патент № 2 655 619 РФ. Способ получения фармацевтической субстанции на основе 5-[N-(2,3-дигидроксипропил)ацетиамидо]-N,N'-бис(2,3-дигидроксипропил)-2,4,6-трийодизофталамида: опубл. 13.06.2017 / А.Г. Александров, С.А. Аракелов А.Е. Дозора.
3. Bjursvik H.R. A Selective Process for N-Alkylation in Competition with O-Alkylation: Boric Acid, Borax, and Metaborate as a Cheap and Effective Protecting Group Applicable for Industrial-Scale Synthetic Processes / H.R. Bjursvik, H. Priebe, J. Cervenka, A.W. Aabye, T. Gulbrandsen, A.C. Bryde // Organic Process Research & Development. 2001. Vol. 5. P. 472-478.
4. Heterocyclic Nonionic X-ray Contrast Agents. 3. The Synthesis of 5 - [4 (Hydroxymethyl) - 2-oxo-3-oxazolidinyl] - 2,4,6 - triiodo 1-, 3 - benzenedicarboxamide Derivatives / K.M. Pillai, G. Diamantidis, L. Duncan, R.S. Ranganathan // J. Org. Chem. 1994. Vol. 59. P. 1344-1350.

## СИНТЕЗ СУБСТРАТОВ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ОСНОВЕ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗОФУРОКСАНОВ

**А.Д. Барсукова, А.Р. Хасанова, Л.В. Спатлова**

Научный руководитель – **Л.В. Спатлова**, канд. хим. наук, доцент

Казанский национальный исследовательский  
технологический университет

*Разработан синтез хлординитробензофуросана и дихлординитробензофуросанабезазидным способом без выделения полупродуктов. На основе данных соединений проведен прогноз биологической активности аминопроизводных бензофуросанов.*

**Ключевые слова:** бензофуросаны, биологически активные вещества, субстраты, гидроксилламин.

## SYNTHESIS OF SUBSTRATES FOR THE PRODUCTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES BASED ON BENZOFUROXANE DERIVATIVES

**A.D. Barsukova, A.R. Khasanova, L.V. Spatlova**

Scientific Supervisor – **L.V. Spatlova**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Kazan National Research Technological University

*The synthesis of chlordinitrobenzofuroxane and dichlordinitrobenzofuroxane by an azide-free method without the separation of intermediates was developed. Based on these compounds, the biological activity of amino derivatives of benzofuroxanes was predicted.*

**Keywords:** benzofuroxanes, biologically active substances, substrates, hydroxylamine.

При создании лекарственных препаратов особое внимание уделяется низкой токсичности, высокой биологической активности, минимизации побочных действий на организм. Поэтому синтез новых биологически активных веществ является важнейшей задачей фармацевтической химии.

Нитропроизводные бензофуросана являются перспективными соединениями для создания лекарственных препаратов, поскольку обладают высокой биологической активностью. Известно, что 4,6-динитро-5,7-

дихлорбензофуоксан и 5-нитро-4,6-дихлорбензофуоксан способны эффективно подавлять такие ультрарезистентные микроорганизмы, как *Staphylococcus aureus*, патогенные виды грибов – *Candida albicans*, *Aspergillus niger*, *Coniophora cerebella* и др. Смесь ДНДХБФО и НДХБФО проявляют синергизм в отношении аспергилла черного, являющимся плесневым грибом [1-3].

Хлординитробензофуоксан является субстратом для получения новых биологически активных веществ. Разработан синтез данного вещества. В качестве исходного соединения выступает тринитродιοксбензол, который, в свою очередь, получали из резорцина. Полигидрокси- и полинитропроизводные бензола склонны к таутомерии. Таутомерия стифининовой кислоты представлена следующим образом:



Нитрогруппы, расположенные относительно гидроксигрупп в орто- и пара-положении, способствуют протеканию реакции замещения по кетонной группе стифининовой кислоты гидросиламиномс образованием оксимов. Данная реакция проходит в присутствии ацетата натрия. Для образования фуоксанового цикла необходима свободная аци-нитроформа [4]. Реакцию проводили при низких температурах для более длительного сохранения ациформы. ОН-группа замещается на галоген при подкислении реакционной массы соляной кислотой. Конечный продукт представляет собой хлординитробензофуоксан (рис. 1).

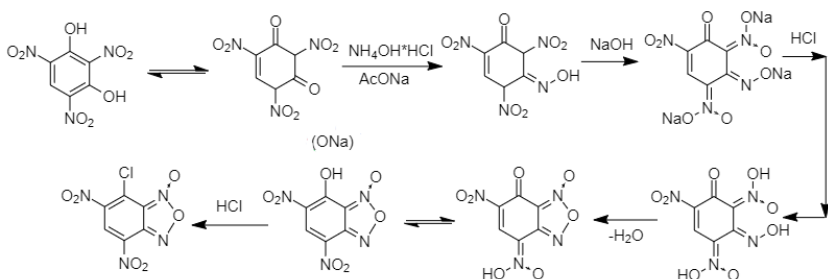


Рис.

### 1. Схема синтеза хлординитробензофуоксана

Реакция синтеза хлординитробензофуоксана протекает без выделения полупродуктов. Для того, чтобы доказать получение в качестве промежуточного продукта оксима, было проведено его выделение методом упаривания растворителя. Упаривание проходило при нормальных условиях. В результате

были получены крупноигольчатые кристаллы желтого цвета, которые в дальнейшем были проанализированы при помощи метода ИК-спектроскопии (рис. 2, 3).

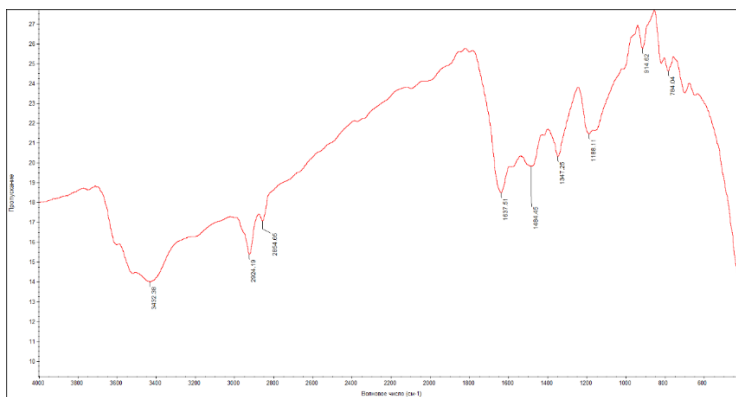


Рис. 2. ИК-спектр ароматического оксима

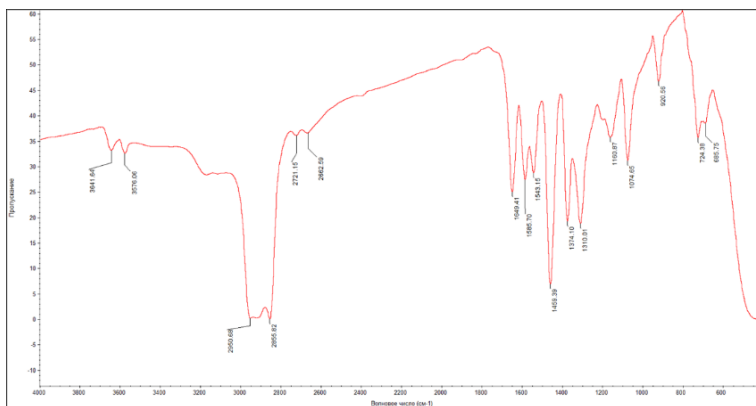


Рис. 3. ИК-спектр хлординитробензофуорксана

В ИК-спектре присутствуют пики в области поглощения  $1670\text{ см}^{-1}$ , соответствующие фуорсановому кольцу. Также имеются пики нитрогруппы в области  $1600\text{--}1300\text{ см}^{-1}$  и ОН-группы в области  $3550\text{--}3200\text{ см}^{-1}$ .

В отличие от синтеза хлординитробензофуорксана с использованием азидов щелочных металлов разработанный способ получения является более безопасным и сокращает время, затраченное на получение продукта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Биологическая активность хлорпроизводных нитробензофуроксана / Л.М. Юсупова, С.Ю. Гармонов, И.М. Захаров, И.Е. Зыкова, И.Ф. Фаляхов, Т.В. Гарипов, А.М. Мухаметшина // Вопросы биологии, медицины, фармацевтической науки. 2005. №4. С. 45–48.
2. Патент № 20678963 РФ. Акарицидный состав для лечения чесотки домашних животных: заявл. 25.05.1994: опубл. 20.10.19961 / Бузыкин Б.И., Гарипов Т.В., Гарипова К.Г., Давлетшин А.Н., Королев Б.А., Молодых Ж.В., Фаляхов И.Ф., Юсупова Л.М.
3. *Ортега Дж.* Итерационные методы решения нелинейных систем уравнений со многими неизвестными / Дж. Ортега, В. Райнболт. М.: Мир, 1975. 558 с.
4. Средства биологической защиты многоцелевого назначения на основе хлорпроизводных нитробензофуроксана / Л.М. Юсупова, С.Ю. Гармонов, И.М. Захаров, А.Р. Быков, Т.В. Гарипов, И.Ф. Фаляхов // Вестник Казанского технологического университета. 2004. №1. С.103–111.
5. *Хмельницкий Л.И.* Химия фуроксанов: Строение и синтез / Л.И. Хмельницкий, С.С.Новиков, Т.И. Годовикова. М.: Наука, 1996. 383 с.

УДК 547.836

## ОРИЕНТАЦИЯ РЕАКЦИИ $S_{EAr}$ ГАЛОГЕНПРОИЗВОДНЫХ ПИРИДО[1,2-а]БЕНЗИМИДАЗОЛА

**Н.Е. Башков, Р.С. Бегунов**

Научный руководитель – **Р.С. Бегунов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

*Исследована ориентация реакции  $S_{EAr}$  7-хлорпиридо[1,2-а]бензимидазола и 9-хлорпиридо[1,2-а]бензимидазола. Установлено, что реакционным центром для введения электрофила является 8 положение гетероцикла.*

***Ключевые слова:** нитрование,  $S_{EAr}$ , конденсированные гетероциклы, пиридо[1,2-а]бензимидазол.*

## THE ORIENTATION OF THE $S_{EAr}$ REACTION OF HALOGENATED PYRIDO[1,2-a]BENZIMIDAZOLE

**N.E. Bashkov, R.S. Begunov**

Scientific Supervisor – **R.S. Begunov**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*The orientation of the  $S_{EAr}$  reaction of 7-chloropyrido[1,2-a]benzimidazole and 9-chloropyrido[1,2-a]benzimidazole was studied by the example of the nitration reaction. It was established that the reaction center for introducing the electrophile is the 8-position of the heterocycle*

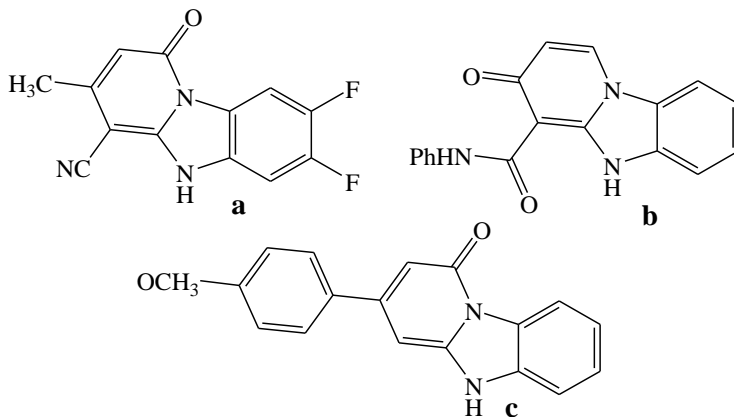
***Keywords:** nitration,  $S_{EAr}$ , fused heterocycles, pyrido[1,2-a]benzimidazole.*

В настоящее время возрастает интерес к синтезу конденсированных гетероциклических соединений на основе имидазола в связи с их широким спектром полезных свойств и, как следствие, применением в различных промышленных сферах и биологических системах. Одними из наиболее перспективных соединений данного класса являются производные пиридо[1,2-а]бензимидазола (**ПБИ**).

Данные соединения применяются в медицине в качестве противовирусных, противораковых и антибактериальных препаратов [1]. Кроме того, **ПБИ** являются лигандами для связывания GABA-A - важнейшего тормозного нейромедиатора центральной нервной системы человека, что позволяет ис-



пользовать их в составе транквилизаторов [2]. В фотопроводящих системах **ПБИ** используются в составе электрофотографического записывающего материала [3]. Кроме того, за счет системы сопряженных связей данные соединения обладают флуоресцентными свойствами, что позволяет на их основе производить высокотехнологичные электронные устройства и системы освещения [4] (рис. 1).



**Рис. 1. Производные пиридо[1,2-а]бензимидазола, обладающие противовирусными свойствами (а), являющиеся лигандами для связывания GABA-A (b), обладающие флуоресценцией (с)**

Поэтому, синтез новых производных **ПБИ** является актуальной задачей. Для ее реализации необходимо исследование возможных путей функционализации данных соединений.

Целью работы являлось исследование ориентации реакции  $S_EAr$  галогенпроизводных ПБИ на примере реакции нитрования. Введение нитрогруппы в *орто*- или *пара*-положение к атому хлора способствует активации атома галогена и значительно расширяет возможности по функционализации данных соединений.

В качестве объекта исследования выбраны 7-хлор- и 9-хлорпиридо[1, 2-а]бензимидазол (**1**, **2**), которые были синтезированы по хорошо отработанной методике [5, 6].

Введение первой нитрогруппы осуществлялось в течение 8 часов при температуре 30 °С. В результате синтеза были получены нитропроизводные (**3,4**) с выходом более 90% (схема 1).

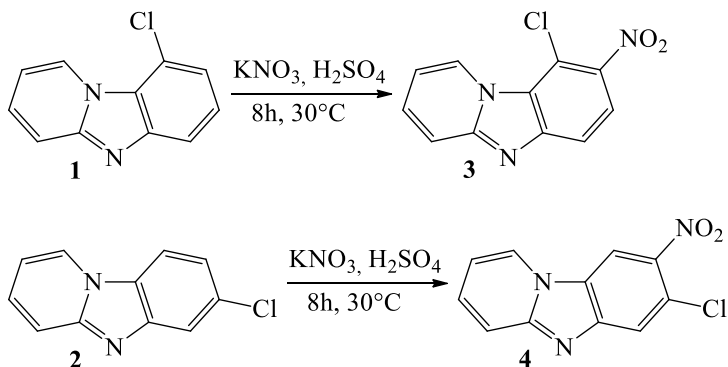


Схема 1

Было установлено, что в обоих случаях центром атаки для электрофильной частицы являлось положение 8 пиридо[1,2-а]бензимидазольной системы.

Для введения второй нитрогруппы потребовались более жесткие условия: 80 °С и 8 ч. Выход 9-хлор-6,8-динитропиридо[1,2-а]бензимидазола (5) и 7-хлор-6,8-динитропиридо[1,2-а]бензимидазола (6) составил более 90% (схема 2). Было установлено, что нитрование происходило в положение 6.

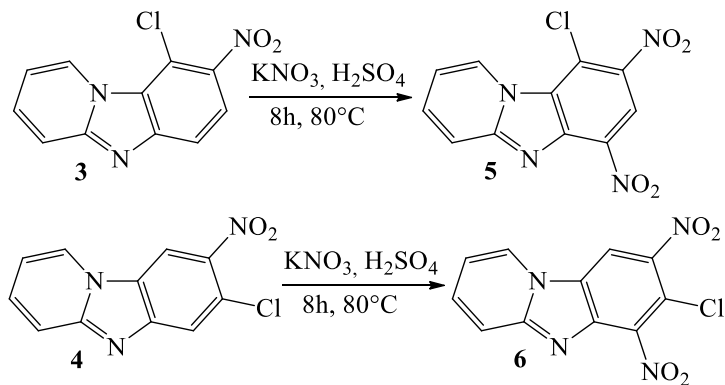


Схема 2

Структура всех соединений была подтверждена методом ЯМР  $^1\text{H}$ -спектроскопии, ЯМР  $^{13}\text{C}$  спектроскопии и масс-спектрометрии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синтез и противовирусная активность фторсодержащих производных пиридо[1,2-

а]бензимидазолов / С.К. Котовская, З.М. Баскакова, В.Н. Чарушин, О.Н. Чупахин, Е.Ф. Беланов, Н.И. Бормотов, С.М. Балахнин, О.А. Серова // Хим.-фарм. журн. 2005. Т. 39, № 11. С. 12-16.

2. Tautomerism and Physical Properties of Pyrido[1,2-a]benzimidazole (PBI) GABA-A Receptor Ligands / A.B. Reitz, D.A. Gauthier, W. Ho, B.E. Maryanoff // Tetrahedron. 2000. № 56(45). P. 8809–8812. DOI: 10.1016/s0040-4020(00)00874-7

3. Pat. US4666812A, МПК C07D 471/14. Electrophotographic material with pyrimido-pyridobenzimidazole compound: 24.01.1986; 19.05.1987 / Wolfgang Wiedemann, Dieter Guenther, Hoechst AG. 11 p.

4. *Dikshit D.* Synthesis of isomeric azo disperse dyes of pyridobenzimidazole // Dyes and Pigments. 1983. № 4(1). P. 35–39. DOI: 10.1016/0143-7208(83)80004-7

5. *Бегунов Р.С.* Удобный способ синтеза полициклических конденсированных производных бензимидазола с узловым атомом азота / Р.С. Бегунов, А.А. Соколов, Д.А. Громова // Журн. орган. химии. 2018. Т. 54, № 5. С. 743-746

6. *Бегунов Р.С.* Синтез хиноидных производных бензаннелированных гетероциклов с узловым атомом азота / Р.С. Бегунов, А.А. Соколов, С.И. Филимонов // Журн. орган. химии. 2020. Т. 56, № 8. С. 1222-1232. DOI: 10.31857/S051474922008008X

## ПОЛУЧЕНИЕ 2-[2-(6-МЕТИЛПИРИДИН-3-ИЛ)АЗИРИДИН-1-ИЛ]-1*H*-ИЗОИНДОЛ-1,3(2*H*)-ДИОНА

**А.А. Белоконева, Ю.Д. Заиченко, В.В. Сиднева, К.В. Реут**

Научный руководитель – **К.В. Реут**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В данной работе рассматривается способ получения замещенных фталимидазиридинов реакцией присоединения *N*-аминофталимида к субстрату, содержащему двойную углерод-углеродную связь.*

**Ключевые слова:** замещенные фталимидазиридины, гидразинолиз, *N*-аминоазиридины, окислительное фталимидазиридинирование.

## PREPARATION OF 2-[2-(6-METHYLPYRIDINE-3-YL)-AZIRIDINE-1-YL]-1*H*-ISOINDOL-1,3(2*H*)-DIONE

**A. A. Belokoneva, Yu.D. Zaichenko, V.V. Sidneva, K.V. Reut**

Scientific Supervisor – **K.V. Reut**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

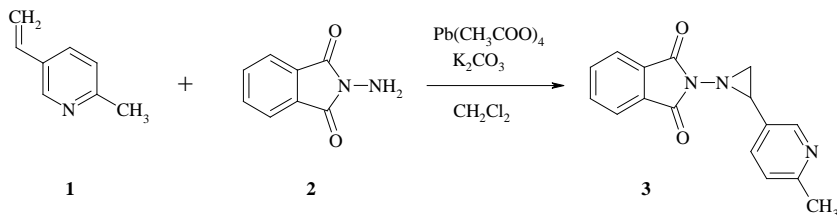
*The paper examines method for obtaining substituted phthalimidaziridines by the addition of *N*-aminophthalimide to a substrate containing a carbon-carbon double bond.*

**Keywords:** substituted phthalimidaziridines, hydrazinolysis, *N*-aminoaziridines, oxidative aminoaziridination.

Разработка современных лекарственных препаратов – это сложный многоступенчатый процесс. Одним из главных этапов этого процесса является выявление биологической активности структурных фрагментов молекул синтезируемого вещества. Лекарственные вещества, являющиеся производными азиридина, оказывают цитотоксическое действие, тормозящее развитие раковых клеток. Пиридиновое кольцо является структурным фрагментом целого ряда препаратов, обладающих антигистаминными свойствами, а также применяемых для лечения сердечно-сосудистых заболеваний, диабета, онкологии[1].

Целью данной работы является получение 2-[2-(6-метилпиридин-3-ил)азиридин-1-ил]-1*H*-изоиндол-1,3(2*H*)-диона. Синтез осуществляли методом

окислительного фталимидазиридинования [2]. Азиридин(3) получали при взаимодействии N-аминофталимида(PhthNNH<sub>2</sub>) с 2-метил-5-винилпиридином (МВП) (рис. 1). В качестве окислителя использовали тетраацетат свинца (Pb(OAc)<sub>4</sub>).



**Рис. 1. Схема реакции получения 2-[2-(6-метилпиридин-3-ил)азиридин-1-ил]-1*H*-изоиндол-1,3(2*H*)-диона**

Синтез проводили при различных соотношениях реагентов, температуре и времени реакции (табл. 1). Полученный продукт очищали осаждением в гептане.

**Таблица 1. Условия проведения реакции**

Соотношение (моль) МВП:PhthNNH <sub>2</sub> : Pb(OAc) <sub>4</sub>	Температура, °C	Время, ч
1 : 1 : 1	-20	1
1 : 1,5 : 1,5	0	2
1 : 2 : 2	20	3

Продолжением работы является проведение реакции гидразиолиза 2-[2-(6-метилпиридин-3-ил)азиридин-1-ил]-1*H*-изоиндол-1,3(2*H*)-диона и получение N-аминоазиридина, содержащего пиридиновый фрагмент.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Солдатенков А.Т. Основы органической химии лекарственных веществ / А.Т. Солдатенков, Н.М. Колядина, И.В. Шендрок. М.: Химия. 2001. 192 с.
2. Kuznetsov M.A. Oxidative aminoaziridination: past, present, and future / L.M. Kuznetsova, A.S. Pankova // Tetrahedron Letters. 2016. Vol. 57. P. 3575-3585.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ОКИСЛЕНИЯ В РЯДУ ЗАМЕЩЁННЫХ 3,4-ДИГИДРО-2H-ТИОПИРАНОВ

**О.А. Беляева, Е. А. Меркулова А.В. Колобов**

Научный руководитель – **А.В. Колобов**, д-р хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Исследована реакция окисления замещённых 3,4-дигидро-2H-тиопиранов. Установлено, что в зависимости от структуры 3,4-дигидро-2H-тиопирана и окислителя образуется S-оксид и S,S-диоксид. Показано, что окисление дикарбонильных соединений ряда 3,4-дигидро-2H-тиопирана может сопровождаться дегидрированием гетероцикла.*

**Ключевые слова:** 3,4-дигидро-2H-тиопиран, окисление.

## STUDY OF THE OXIDATION REACTION IN THE SUBSTITUTED OF 3,4-DIHYDRO-2H-THIOPYRAN

**O.A. Belyaeva, E.A. Merkulova, A.V. Kolobov**

Scientific Supervisor – **A.V. Kolobov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Associate Professor

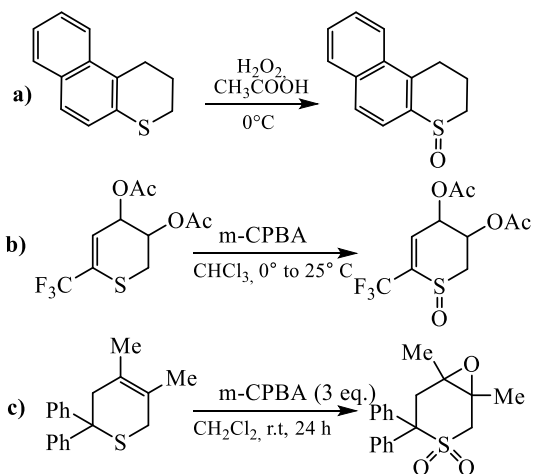
Yaroslavl State Technical University

*The oxidation reaction of substituted 3,4-dihydro-2H-thiopyrans has been studied. It was found that, depending on the structure of 3,4-dihydro-2H-thiopyran and the oxidizing agent, S-oxide and S, S-dioxide are formed. It has been shown that the oxidation of dicarbonyl compounds of the 3,4-dihydro-2H-thiopyran series can be accompanied by the dehydrogenation of the heterocycle.*

**Keywords:** 3,4-dihydro-2H-thiopyran, oxidation.

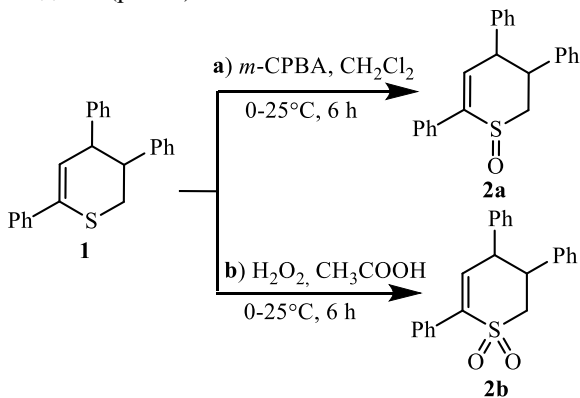
Ранее нами был разработан удобный однореакторный способ получения производных 3,4-дигидро-2H-тиопирана, апробированный на имидах, на малеиновой, итаконовой и 5-норборнен-2,3-дикарбоновой кислотах с получением соответствующих ангидридов [1]. Известно, что биологическая активность окисленных производных тиопирана значительно возрастает, в том числе антибактериальные и противогрибковые свойства [2]. Поэтому нашим следующим шагом стало введение производных 3,4-дигидро-2H-тиопирана в реакцию окисления.

Известно применение перекиси водорода [3] и *m*-хлорнадбензойной кислоты [4, 5] в качестве окислителя дигидротиопиранов до *S*-оксидов и *S,S*-диоксидов (рис. 1)



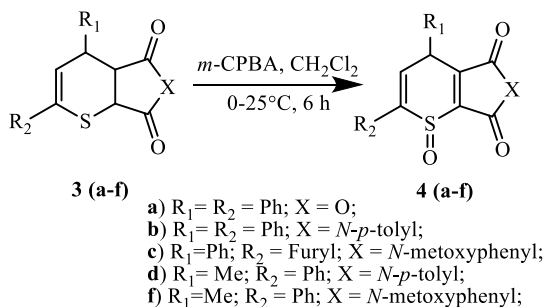
**Рис. 1. Окисление производных тиопирана перекисью водорода и *m*-хлорнадбензойной кислотой**

Нами показано, что при окислении 3,4,6-трифенил-3,4-дигидро-2*H*-тиопирана **1** *m*-хлорнадбензойной кислотой получается *S*-оксид **2a**. Проведение окисления перекисью водорода в аналогичных условиях привело к образованию *S,S*-диоксида **2b** (рис. 2).



**Рис. 2. Окисление 3,4,6-трифенил-3,4-дигидро-2*H*-тиопирана**

Нами установлено, что для ангидридов и имидов дикарбоновых кислот ряда 3,4-дигидро-2*H*-тиопирана **3 (a-f)** наряду с окислением атома серы происходит реакция дегидрирования гетероцикла (рис. 3).



**Рис. 3. Окисление имидов и ангидридов  
3,4-дигидро-2*H*-тиопиран-2,3-дикарбоновой кислоты**

Заслуживает внимания тот факт, что до настоящего времени отсутствовали сведения о протекании реакции дегидрирования в указанных условиях как для замещённых 3,4-дигидро-2*H*-тиопиранов, так и для аналогичных соединений с открытой цепью.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Меркулова Е.А. Непредельные карбоновые кислоты в однореакторном синтезе новых производных 3,4-дигидро-2*H*-тиопирана / Е.А. Меркулова, А.В. Колобов, К.Л. Овчинников [и др.] // Химия гетероцикл. соединений. 2021. Т. 57, №3. С. 245-245.
2. Меркулова Е.А. Удобный способ синтеза производных 3,4 дигидро-2*H*-тиопиран-2,3-дикарбоновой кислоты / Е.А. Меркулова, А.В. Колобов, К.Л. Овчинников // Известия Акад. наук. Сер. Химическая. 2019. №3. С. 606-609.
2. Pasha G.F. Synthesis and characterization of sulfide, sulfoxide and sulfone derivatives of thiopyran: antimicrobial evaluation / G.F. Pasha, S. Asghari, M. Tajbakhsh [et al.] // Research on Chemical Intermediates. 2017. Т. 12, №43. С. 7291-7306.
3. Still I.W.J. Conformational analysis and photochemical behavior of sulfoxides in the naphtho [1, 2-b] thiopyran and naphtho [2, 1-b] thiopyran series / I.W.J. Still, P.C. Arora, S.K. Hasan [et al.] // Canadian Journal of Chemistry. 1981. Т. 2, №59. С. 199-209.
4. Siry S.A. Oxidative transformations of 6-trifluoromethyl-2*H*-thiopyran as a route to fluoro-containing thiopyranosides / S.A. Siry, V.M. Timoshenko // Tetrahedron letters. 2011. Т. 52, №. 47. С. 6260-6262.
5. Młostoń G. Thia-Diels–Alder reactions of hetaryl thioketones with nonactivated 1, 3-dienes leading to 3, 6-dihydro-2*H*-pyrans: evidence for a diradical mechanism / G. Młostoń, P. Grzelak, A. Linden [et al.] // Chemistry of Heterocyclic Compounds. 2017. Т. 53, №. 5. С. 518.



## ФУНКЦИОНАЛИЗАЦИЯ 7-ХЛОР-1,2,3,4- ТЕТРАГИДРОПИРИДО[1,2-а]БЕНЗИМИДАЗОЛА

**А.С. Вотина, Р.С. Бегунов**

Научный руководитель – **Р.С. Бегунов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*Исследована ориентация реакции  $SEAr$  в 7-хлор-1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазоле. Введение первой электрофильной частицы происходило в мягких условиях в положение 8 конденсированной гетероциклической системы. Для синтеза 7-хлор-1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазола, содержащего два электроноакцепторных заместителя, требовалось увеличение времени и температуры процесса в 3 раза. Подобрана эффективная восстанавливающая система, позволяющая получать аминопроизводные 7-хлор-1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазола без образования побочных процессов.*

**Ключевые слова:** электрофильное ароматическое замещение, 1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазолы, восстановление.

## FUNCTIONALIZATION of 7-CHLORINE-1,2,3,4- TETRAHYDOPYRIDO[1,2-a]BENZIMIDAZOLE

**A.S. Votina, R.S. Begunov**

Scientific Supervisor – **R.S. Begunov**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

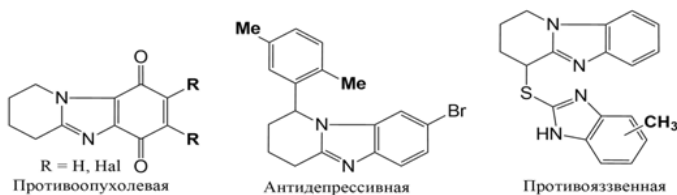
P.G. Demidov Yaroslavl State University

*The orientation of the  $SEAr$  reaction in 7-chloro-1,2,3,4-tetrahydropyrido [1,2-a] benzimidazole was studied. The introduction of the first electrophilic particle took place under mild conditions at position 8 of the condensed heterocyclic system. The synthesis of 7-chloro-1,2,3,4-tetrahydropyrido [1,2-a] benzimidazole containing two electron-withdrawing substituents required a threefold increase in the time and temperature of the process. An effective reducing system has been selected that allows one to obtain amino derivatives of 7-chloro-1,2,3,4-tetrahydropyrido [1,2-a] benzimidazole without the formation of side processes*

**Keywords:** electrophilic aromatic substitution, 1,2,3,4-tetrahydropyrido[1,2-a]benzimidazoles, reduction.

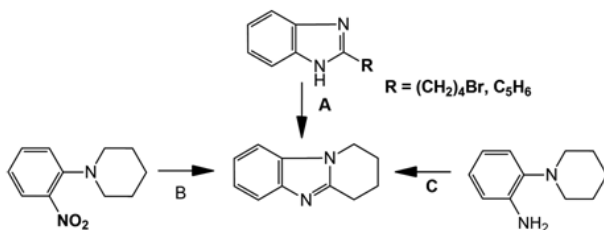
Производные 1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазолов вызывают повышенный интерес, так как проявляют широкий спектр биологической ак-

тивности (рис. 1) [1-2]. Поэтому они находят широкое применение при разработке новых лекарственных препаратов.



**Рис. 1. Структура и биологическая активность производных 1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазола**

В литературе представлено большое количество способов синтеза 1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазолов (рис. 2) [3-4]. Это внутримолекулярная циклизация, протекающая по механизму  $S_NAr$  (путь А), восстановительное внутримолекулярное аминирование (путь В) и окислительное внутримолекулярное аминирование (путь С).



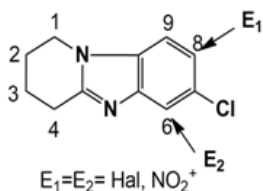
**Рис. 2**

В то же время работ, в которых описаны возможные пути функционализации тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазолов, известно значительно меньше. Такое современное состояние проблемы - отсутствие данных о реакционной способности данных соединений в реакциях  $S_EAr$ ,  $S_NAr$  и восстановления, препятствует увеличению структурного разнообразия потенциальных прекурсоров новых лекарственных средств.

Поэтому целью данной работы являлось установление эффективных путей функционализации 1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазолов.

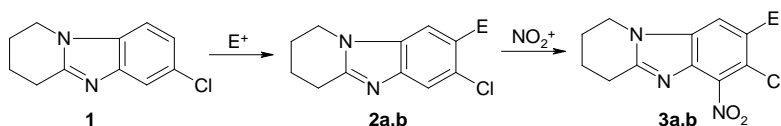
В качестве базовой структуры был выбран 7-хлор-1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазол (1), который был получен по методике [5]. Интерес к данному субстрату связан с тем, что введение электроакцепторной группы, например, нитро-, позволяет сформировать два новых реакционных центра для осуществления реакций  $S_NAr$  и восстановления.

В исследуемом субстрате имеются два потенциальных центра для введения электрофильной частицы – положения 6 и 8 (рис. 3). Поэтому первоначально была изучена ориентация реакции  $S_EAr$ .



**Рис. 2. Структура 7-хлор-1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазола**

Было, установлено, что первая электрофильная частица селективно вступала в положение 8 бензольного кольца (схема 2, структуры **2a,b**). При этом реакция нитрования протекала быстрее (30 °С, 1 ч), чем процесс бромирования (30 °С, 5 ч). Выход продуктов составил 97 и 92%, соответственно. Введение второго электрофильного заместителя проходило значительно сложнее. 6,8-Динитро-7-хлор-1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазол (**3a**) был получен с выходом 93% при проведении реакции при 80 °С в течение 4 ч (схема 2). Нитрование 8-бром-7-хлор-1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазола (**2b**) протекало чуть быстрее. Выход продукта **3b** через 3 ч составил 96%. Не содержащее примесей дибромпроизводное получить не удалось. Таким образом, введение второй электрофильной частицы проходило в положение 6.



где E= a)  $\text{NO}_2^+$ , b)  $\text{Br}^+$

**Схема 2**

Полученное нитросоединение **3b** представляет большой синтетический интерес, так как может быть восстановлено в аминсоединение, которое в дальнейшем может быть окислено с получением хинона (схема 3). Известно, что хиноидные производные 1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазола используются для разработки новых противоопухолевых препаратов.

В качестве восстанавливающего агента использовали хлориды  $\text{Ti}^{3+}$  и  $\text{Sn}^{2+}$ . Восстановление проводили в смеси изопропанола и соляной кислоты различной концентрации (схема 3). Оказалось, что химически чистый 8-бром-7-хлор-1,2,3,4-тетрагидропиридо[1,2-а]бензимидазол-6 амин (**4b**) с выходом

98% получается при осуществлении синтеза в системе: хлорид титана (III) – (i-PrOH +12% HCl).

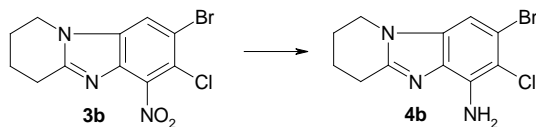


Схема 3

Таким образом, в ходе работы была изучена ориентация реакции  $S_EAr$  и подобрана эффективная восстанавливающая система. Структура полученных веществ была доказана  $^1H$ ,  $^{13}C$  ЯМР-спектроскопией и масс-спектроскопией высокого разрешения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Recent advances in proton pump inhibitors and management of acid-peptic disorders / K.S. Jaina, A.K. Shah, J.Bariwal, S.M. Shelkeetal // Bioorganic & Medicinal Chemistry. 2007. Vol. 15, Iss. 3. P. 1181-1205.
2. Patent US8901141B2. 2014 / A. Kazuyoshi, K. Kobayashi, T. Takai, T. Kojima, K. Tokumaru, M. Mochizuki.
3. Synthesis of Benzimidazoles via Iridium - catalyzed Acceptorless Dehydrogenative Coupling / Sun X. [et al.] // Organic and Biomolecular Chemistry. 2015. Vol. 13. P. 7381-7383.
4. Liubchak K. Synthesis of annulated benzimidazoles via amidine cyclization / K. Liubchak, K. Nazarenko, A. Tolmachev // Tetrahedron. 2012. Vol. 68, Iss. 14. P. 2993-3000.
5. Electroreductive heterocyclization of ortho-piperidino substituted nitro(het)arenes / R.S. Begunov, V.O. Sakulina, M.A. Syroeshkin, E.A. Saverina, A.A. Sokolov, M.E. Minyaev // Mendeleev Communications. 2020. V. 30, № 5. P. 633–635.

## СИНТЕЗ 1,3-ДИОКСИН-4-ОНОВ

**И.Д. Карпов, К.Л. Овчинников**

Научный руководитель – **К.Л. Овчинников**, канд. хим. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются способы получения 1,3-диоксин-4-онов. Предлагается метод синтеза этих соединений из ацетоуксусного эфира.*

**Ключевые слова:** 1,3-диоксин-4-оны, ацетоуксусный эфир.

## SYNTHESIS OF 1,3-DIOXIN-4-ONES

**I.D. Karpov, K.L. Ovchinnikov**

Scientific Supervisor – **K.L. Ovchinnikov**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The paper examines methods of preparation 1,3-dioxin-4-ones. Method of synthesis these compounds from ethyl acetoacetate is proposed.*

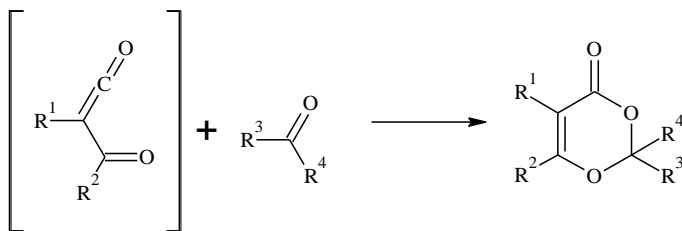
**Keywords:** 1,3-dioxin-4-ones, ethyl acetoacetate.

1,3-Диоксин-4-оны являются ценными веществами в тонком органическом синтезе. Прежде всего, они представляют интерес как источники генерирования  $\alpha$ -оксокетенов, которые, будучи активными в реакциях циклоприсоединения, находят широкое применение в синтезе многих гетероциклических соединений: пиранонов, оксазионов и других. Таким образом, разработка методов получения 1,3-диоксин-4-онов является актуальной задачей.

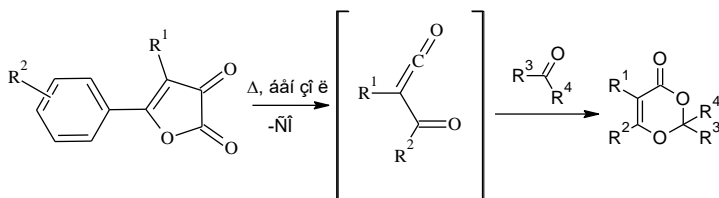
В данной статье рассмотрены способы синтеза 1,3-диоксин-4-онов, представленные в периодической научной литературе.

Анализ источников показал, что известные способы синтеза 1,3-диоксин-4-онов сводятся либо к реакции Дильса-Альдера  $\alpha$ -оксокетенов с соответствующими кетонами, либо к циклизации  $\beta$ -оксокислот с кетонами в кислой среде в присутствии водоотнимающего агента.

Методы, основанные на получении 1,3-диоксин-4-онов реакцией Дильса-Альдера из  $\alpha$ -оксокетенов описаны в [1-2].



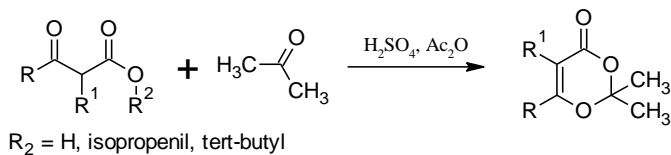
Так, авторы [1] генерируют  $\alpha$ -оксокетены кипячением 5-арил-2,3-дигидрофуран-2,3-дионов в среде безводного бензола:



При нагревании 5-арил-2,3-дигидрофуран-2,3-дионов происходит их декарбонилирование, и, образующийся *in situ*  $\alpha$ -оксокетен, являющийся активным диеном в реакциях Дильса-Альдера, взаимодействует с диенофилами, в роли которых могут выступать алифатические и алициклические кетоны, а также  $\alpha$ -дикетоны.

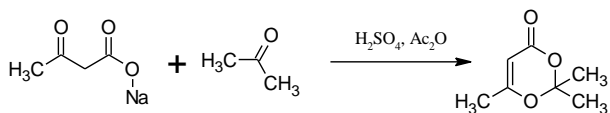
Однако данный подход мы видим нецелесообразным, так как конечной целью получения 1,3-диоксин-4-онов является генерация кетенов, которая уже имеет место при синтезе исходных 5-арил-2,3-дигидрофуран-2,3-дионов.

Другим подходом является циклизация  $\beta$ -оксокислот с ацетоном в кислой среде.



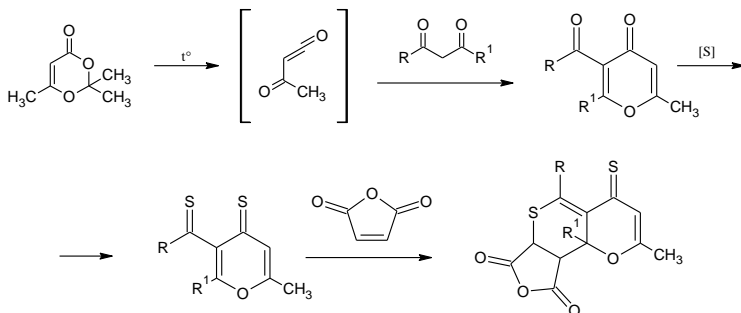
В качестве водоотнимающих агентов могут быть использованы уксусный [3, 4] либо трифторуксусный ангидрид [5]. Авторы [3] указывают на то, что в качестве субстрата, помимо  $\beta$ -оксокислот могут вступать также их третбутиловые и изопропениловые эфиры. В случае последних реакцию можно вести в отсутствие водоотнимающего агента. Реакция идет в течение 10-16 часов. Также в [3] указано, что в данных условиях во взаимодействие не вступают этиловые эфиры.

В связи с недоступностью *трет*-бутиловых эфиров β-оксокислот, мы предприняли попытку ввести в такую реакцию натриевую соль ацетоуксусной кислоты:



Натриевая соль ацетоуксусной кислоты была получена щелочным гидролизом доступного ацетоуксусного эфира и введена в реакцию с ацетоном.

На основе полученного 2,2,6-триметил-1,3-диоксин-4-она планируется синтез 3-ацилпириан-4-онов, с последующим их осернением и введением в реакцию Дильса-Альдера:



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андрейчиков Ю. С.* Взаимодействие 5-арил-2,3-дигидрофуран-2,3-дионов с альдегидами и кетонами / Ю.С. Андрейченков, Л.Ф. Гейн, Г.Д. Плахина // *ЖОрХ*. 1980. Т. XVI, №11. С. 2336-2339.
2. *Andreichikov Yu.S.* Synthesis of 2,2,6-trisubstituted dioxen-4-ones / Yu.S. Andreichikov, L.G. Gein, V.L. Gein // *Khimiya Geterotsiklicheskikh Soedinenii*. 1979. №9. P. 1038.
3. *Sato M. H.* Synthesis of 1,4-dioxin-4-on Derivatives / M. Sato, H. Ogasawara, K. Oi, T. Kato // *Chem. Pharm. Bull.* 1983. Vol. 31. P. 1896-1901.
4. Toward a Synthesis of Hirsutellone B by the Concept of Double Cyclization / K.P. Reber, S.D. Tilley, C.A. Carson, E.J. Sorensen // *J. Org. Chem.* 2013. Vol. 78. P. 9584–9607.
5. *Winkler J.D.* A Stereoselective Synthesis of (-)-Perhydrohistrionicotoin / J.D. Winkler, P.M. Hershberger // *J. Am. Chem. Soc.* 1989. Vol. 111, № 13. P. 4852–4856.

## СИНТЕЗ 4-БЕНЗИЛИДЕН-6-ФЕНИЛ-4,5-ДИГИДРОПИРИДАЗИНОВ

**Н.Н. Ларионов, К.Л. Овчинников**

Научный руководитель – **К.Л. Овчинников**, канд. хим. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*В данной статье рассматривается алкилирование 6-фенил-4,5-дигидро-2H-пиридазин-3-онов и подход к их синтезу.*

**Ключевые слова:** конденсация, 6-фенил-4,5-дигидро-2H-пиридазин-3-он, 4-оксо-4-арилбутановая кислота, гидразин гидрат, толуол, янтарный ангидрид, этилбромид, алкилирование.

## SYNTHESIS 4-BENZYLIDENE-6-PHENYL-4,5-DIHYDROPYRIDAZINONES

**N.N. Larionov, K.L. Ovchinnikov**

Scientific Supervisor – **K.L. Ovchinnikov**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

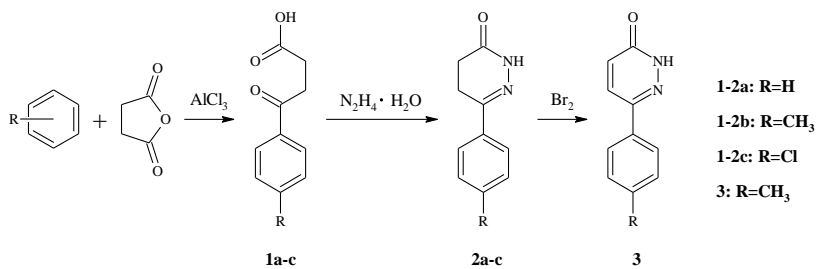
*This article discusses the alkylation of 6-phenyl-4,5-dihydro-2H-pyridazin-3-ones and the approach to their synthesis.*

**Keywords:** condensation, 6-phenyl-4,5-dihydro-2H-pyridazin-3-one, 4 oxo-4-arylbutanoic acid, hydrazine hydrate, toluene, succinic anhydride, ethyl bromide, alkylation.

В настоящей работе рассмотрены различные способы синтеза замещенных 6-фенил-4,5-дигидро-2H-пиридазин-3-онов с различными заместителями, которые в дальнейшем можно использовать для получения замещенных тиопиридазинов. В литературе описано большое количество методик получения соединений ряда пиридазинов [1-2], но несмотря на весь их обширный список, они описывают не все аспекты синтеза.

Классическая методика конденсации выглядит следующим образом (рис. 1).





**Рис. 1. Схема получения пиридазинов**

Для упрощения для синтеза 4-оксо-4-арилбутановых кислот **1a-c** была использована одна общая методика ацилирования ароматических соединений по Фриделю-Крафтсу с помощью хлорида алюминия [3], где растворителем всегда являлся сам арен, а температура реакции выбирались исходя из его активности (табл. 1).

**Таблица 1. Выход и температура плавления 4-оксо-4-арилбутановых кислот 1a-c**

№	$T_{\text{реакции}}, ^\circ\text{C}$	Выход, %	$T_{\text{пл}}^{[\text{лит.}]}, ^\circ\text{C}$
1a	40	55	115
1b	20		74
	80		
1c	50	43	129

Взаимодействие кетокислот **1a-c** с гидразингидратом приводит к образованию 6-арил-4,5-дигидропиридазин-3(2H)-онам **2a-c** с выходами более 50% (табл. 2) [2]. Так же, как и в случае с кислотами, использовалась однотипная методика синтеза. Реакция проводилась в изопропиловом спирте с отгонкой его 2/3 по объему после окончания реакции. Продукт выпадал в виде мелких кристаллов при охлаждении при комнатной температуре. Реакция протекает с удовлетворительным выходом и при снижении количества изопропилового спирта вдвое.

**Таблица 2. Выход и температуры плавления 6-арил-4,5-дигидропиридазин-3(2H)-онов 2a-c**

№	Выход, %	$T_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$	$T_{\text{пл}}^{[\text{лит.}]}, ^\circ\text{C}$
<b>2a</b>	81	150-151,5	148-149
<b>2b</b>	53	156,5-157,5	156-157
	75		
<b>2c</b>	94	177,5-179	186-188

Исходя из литературных данных, методика окисления 6-арил-4,5-дигидропиридазин-3(2H)-онов до 6-арилпиридазин-3(2H)-онов может быть осуществлена следующими способами: при использовании брома в уксусной кислоте [4], тионилхлорида, оксихлорида фосфора, трихлорида фосфора и

пентахлорида фосфора [2], по отдельности или в различных комбинациях. Также при использовании перманганата калия, хромовой кислоты и дихромата натрия или калия в серной кислоте. Еще одна группа реагентов включает в себя: диоксид селена (селенистой кислоты) в этаноле [5], диоксид марганца в ДМФА, хлорид меди (II) в ацетонитриле.

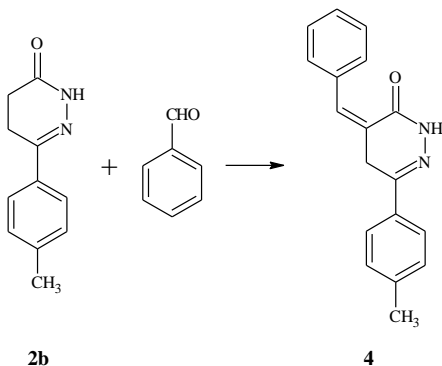
По итогу изучения информации по представленным реагентам наш выбор остановился на первом методе с бромом, так как он дает лучшую селективность и не требует сложных условий (табл. 3). В свою очередь метод был применен ко всем дигидропиридазиномам 2. Реакция прошла гладко, продукт был выделен с выходом 61%. Была произведена дополнительная очистка перекристаллизацией из смеси изопропилового спирта с ДМА 10:1.

**Таблица 3. Выход и температура плавления  
*n*-метил-6-арилпиридазин-3(2H)-она 3**

№	Выход, %	$T_{пл}$ , °С	$T_{пл}^{[лит.]}$ , °С
3	61	228,5-229	231-233

Для расширения спектра реагентов, нами был проведен ряд синтезов с присоединением бензальдегида по 4 атому углерода. Проведение эксперимента проводилось только на основе *n*-метил-6-арил-4,5-дигидропиридазин-3(2H)-она 2b (рис. 2).

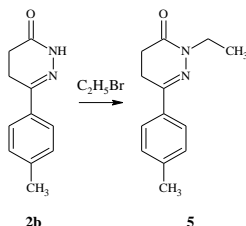
Нами были опробованы различные катализаторы и растворители: ацетат натрия, уксусная кислота; морфолин, изопропиловый спирт; карбонат кальция, ДМА; пирролидин, толуол; гидроксид натрия, этанол; изопропилат натрия, изопропиловый спирт, но ни в одних условиях реакция не протекала.



**Рис. 2. Схема получения 4-бензиден-6-(4-метилфенил)-4,5-дигидропиридазин-3(2H)-она**

По результатам  $^1\text{H}$  ЯМР- и ИК-спектроскопии было предположено, что реакция проходила по NH-группе, так как анализ полученных данных не показал наличия целевого соединения в исследуемом образце. Поэтому было принято решение о проведении алкилирования NH-группы этилбромидом (рис. 3).

Реакция протекает при комнатной температуре, и продукт кристаллизуется после растирания в изопропиловом спирте. Контроль протекания реакции производился по ТСХ.



**Рис. 3. Схема получения 6-(4-метилфенил)-2-(4-нитрофенил)-4,5-дигидропиридазин-3(2H)-она**

По итогу, нами были исследованы методы синтеза 6-арил-4,5-дигидропиридазин-3(2H)-онов и *n*-метил-6-арилпиридазин-3(2H)-она, которые являются исходными соединениями для получения тиопиридазинов. Также были предприняты попытки расширения спектра различных подструктурных вариаций дигидропиридазинов.

В дальнейшем опробованные методики будут модернизироваться и проверяться на подобных соединениях, а главной задачей, станет синтез тиопиридазинов из 6-арилпиридазин-3(2H)-онов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bascop S.-I.* Synthesis of 2-(3-hydroxypropyl)indol-3-acetic acid and 3-(2-hydroxyethyl) indole-2-propanoic acid by selective functional group transformations / S.-I. Bascop, J.-Y. Laronze, J. Sapi // *Synthesis*. 2002. № 12. P. 1689–1694.
2. *Abubshait S.A.* An efficient synthesis and reactions of novel indolylpyridazinone derivatives with expected biological activity // *Molecules*. 2007. Vol. 12, № 1. P. 25-42. URL: <http://www.mdpi.com/journal/molecules>.
3. *Kuchar M., Rejholec V., Cepch'lk V.* // *QSAR in Design of Bioactive Compounds* (M. Kuchar, Ed.). Prous, Barcelona, 1985. P. 189.
4. Pat. 4293554 US, A61K 31/495. Method of treating asthma: № 19800122958; filed 21.02.80; it is published 06.10.81. / G.R. Allen, J.W. Hanifin, D.B. Moran; Applicant American Cyanamid Co., US. 5 p. URL: <http://ep.espacenet.com>.
5. Органикум. Практикум по органической химии / пер. с нем. под ред. Т.И. Почкаевой. М.: Мир, 1979. Т 2. С. 173.

## СЕЛЕКТИВНОСТЬ РЕАКЦИИ $S_NAr$ БЕНЗОТРИАЗОЛА С ОРТО-НИТРОГАЛОГЕНАРЕНАМИ

**Л.В. Лобанова, Р.С. Бегунов**

Научный руководитель – **Р.С. Бегунов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*Проведено исследование реакции ароматического нуклеофильного замещения в орто-нитрогалогенаренах при взаимодействии с бензотриазолом. Показана возможность образования двух изомеров: 1-(2-нитроарил)- и 2-(2-нитроарил)бензотриазола. Исследовано влияние условий реакции на селективность образования 1-замещенного бензотриазола.*

**Ключевые слова:** бензотриазол, орто-нитрогалогенарены, 1-(2-нитроарилзамещенные)бензотриазолы, нуклеофильное ароматическое замещение, селективность.

## INVESTIGATION OF THE $S_NAr$ REACTION OF BENZOTRIAZOLE WITH ORTHO-NITRO ARYL HALIDES

**L.V. Lobanova, R.S. Begunov**

Scientific Supervisor – **R.S. Begunov**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

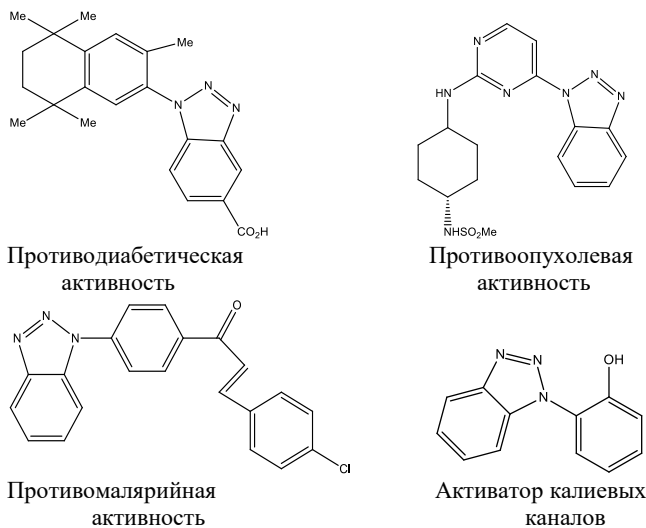
P.G. Demidov Yaroslavl State University

*The process of aromatic nucleophilic substitution in benzotriazole was studied by reaction with ortho-nitro aryl halides. A possibility of formation of two isomers: 1-(2-nitroaryl)- and 2-(2-nitroaryl)benzotriazole was established. The effect of the reaction conditions on the selectivity of the formation of 1-substituted benzotriazole was studied.*

**Keywords:** benzotriazole, ortho-nitro aryl halides, 1-(2-nitroaryl-substituted) benzotriazoles, nucleophilic aromatic substitution, selectivity.

1-Арилпроизводные бензотриазола находят широкое применение во многих областях промышленности. Это обусловлено широким спектром полезных свойств. Известно, что данные вещества проявляют высокую биологическую активность (рис. 1) и поэтому используются при разработке новых лекарственных препаратов [1]. Ряд координационных полимеров, применяемых для защиты медных сплавов от коррозии, содержат в качестве лигандов 1-

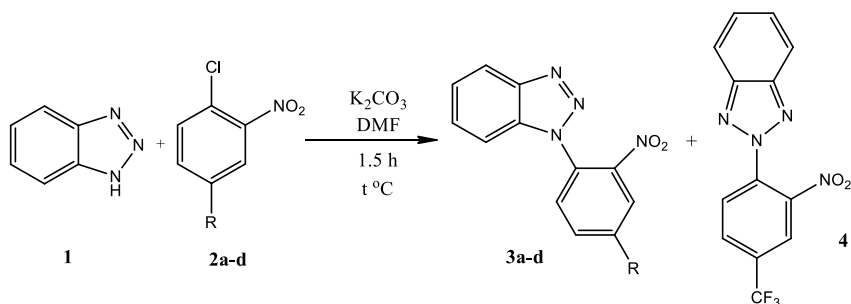
арилбензотриазолы [2]. Некоторые из них содержатся в противогололедных и тормозных жидкостях; входят в состав противогуманных средств, используемых в фотографии [3].



**Рис. 1. Структура и биологическая активность 1-арилбензотриазолов**

В связи с этим в литературе описано много способов синтеза данных соединений [4]. Одним из перспективных методов получения 1-арилзамещенных бензотриазолов является реакция  $S_NAr$  бензотриазола с активированными галогенаренами. Основной проблемой для эффективного использования данного способа является низкая селективность реакции – образуется смесь 1- и 2-замещенного бензотриазолов.

Поэтому в данной работе были подобраны условия проведения реакции  $S_NAr$ , позволяющие получать 1(2-нитроарил)бензимидазол в индивидуальном виде. В первую очередь было исследовано влияние температуры на селективность реакции бензотриазола (**1**) с 1-хлор-2-нитроареном (**2**). Синтез проводили в диапазоне температур 20-120 °С в ДМФА (таблица 1) в присутствии  $K_2CO_3$  (схема 1). В качестве модельного соединения использовали 4-хлор-3-нитро-трифторметилбензол. Критерием оценки селективности реакции  $S_NAr$  являлось соотношение образующихся изомеров **3** и **4**.



где R = a) CF<sub>3</sub>, b) NO<sub>2</sub>, c) COOH, d) CN

### Схема 1

**Таблица 1. Влияние температуры на соотношение 3а и 4 S<sub>N</sub>Ar [C<sub>2</sub> = 0.3 моль/л]**

Температура, °С	Суммарный выход, %	Соотношение* 3 и 4
20	12	1 : 0.24
40	80	1 : 0.52
60	94	1 : 0.35
80	95	1 : 0.25
100	96	1 : 0.17
120	93	1 : 0.06

\* - соотношение изомеров определялось по интенсивностям сигналов протонов в ЯМР <sup>1</sup>H спектре реакционной смеси

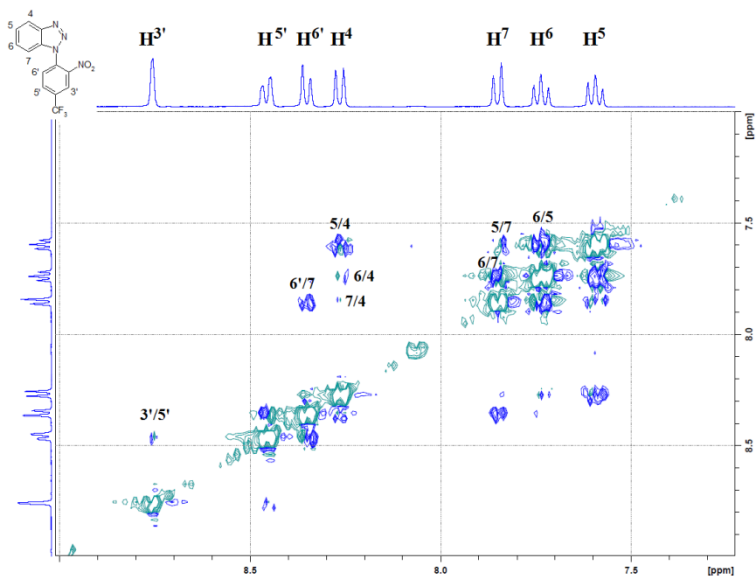
Таким образом, проведя серию опытов, установили, что с повышением температуры возрастает селективность реакции S<sub>N</sub>Ar по 1-арилзамещенному бензотриазолу (**3а**).

Структура продукта была установлена с помощью ЯМР <sup>1</sup>H, <sup>13</sup>C спектроскопии. Полное отнесение сигналов протонов дано с помощью ЯМР <sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H NOESY спектроскопии. На рис. 2 представлен <sup>1</sup>H-<sup>1</sup>H NOESY спектр 1-(2-нитро-4-(трифторметил)фенил)-1H-бензотриазола (**3а**) в котором отмечены кросс-пики взаимодействия дальних протонов (рис. 2).

Далее было изучено влияние концентрации реагентов на соотношение образующихся изомеров. Реакцию проводили при 120 °С в течение 1,5 ч. Химически чистый продукт **3а** с выходом 96% был получен при концентрации орто-нитрогалогенарена 0,15 моль/л.

Остальные 1-арилзамещенные бензотриазолы (**3b-d**) синтезировали по отработанной на примере **3а** методике. Выход 1-(2-нитроарил)бензотриазолов составил 92-96%.

Таким образом, в данной работе был разработан простой и эффективный способ синтеза 1-(2-нитроарил)замещенных бензотриазолов в ходе реакции бензотриазола с активированными галогенаренами.



**Рис. 2.**  $^1\text{H}$ - $^1\text{H}$  NOESY спектр 1-(2-нитро-4-(трифторметил)фенил)-1H-бензотриазола

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Bajaj K.* Benzotriazole: Much more than just synthetic heterocyclic chemistry / K. Bajaj, R. Sakhuja // *The Chemistry of Benzotriazole Derivatives*. 2015. P. 235-283.
2. *Loukopoulos E.* Recent advances in the coordination chemistry of benzotriazole-based ligands / E. Loukopoulos, G.E. Kostakis // *Coordination Chemistry Reviews*. 2019. T. 395. P. 193-229.
3. *Theys R.D.* Chemistry and processes of color photography / R.D. Theys, G. Sosnovsky // *Chemical reviews*. 1997. T. 97. №. 1. P. 83-132.
4. The Disappearing Director: The Case of Directed N-Arylation via a Removable Hydroxyl Group / M.R. Andrzejewska [et al.] // *Advanced synthesis & catalysis*. 2018. T. 360, №. 13. P. 2503-2510.

## КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ТВЕРДЫХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ

**А.О. Нефедова, Е.А. Гришковская, Н.С. Кичева**

Научный руководитель – **Н.С. Кичева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Проведен контроль качества твердых лекарственных форм на примере таблеток без оболочки, таблеток с оболочкой, таблеток из растительного сырья. Оценена растворимость таблеток в средах с различным значением pH по УФ-спектрам поглощения.*

***Ключевые слова:** контроль качества, лекарственная форма, таблетки, УФ-спектры.*

## QUALITY CONTROL OF SOLID DOSAGE FORMS

**A.O. Nefedova, E.A. Grishkovskaya, N.S. Kicheva**

Scientific Supervisor – **N.S. Kicheva**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The quality control of solid dosage forms has been carried out using the example of uncoated tablets, coated tablets, and tablets from plant material. The solubility of tablets in media with different pH values was estimated by UV absorption spectra.*

***Keywords:** quality control, dosage form, tablets, UV-spectra.*

В настоящее время развитие фармацевтической промышленности во многом обусловлено выходом ее продукции на национальные, региональные и международные рынки. Одним из основных и необходимых условий для выхода продукции на международные рынки является контроль качества *лекарственных средств* (ЛС).

Лекарственные средства – это вещества или же комбинация веществ, применяемых при лечении людей от различных заболеваний или же в целях профилактики. Лекарственные средства практически готовы к употреблению и имеют разнообразную форму выпуска, наиболее приспособленную для употребления больными.

*Лекарственная форма* выпуска – это состояние лекарственного средства, специально придаваемое ему, удобное для применения и для достижения необходимого терапевтического действия [1].

Лекарственные формы по агрегатному состоянию делятся на четыре группы: твердые, мягкие, жидкие и газообразные.



Твердые лекарственные формы:

- *таблетки* – дозированная лекарственная форма, получаемая путем прессования или формирования лекарственного средства, лекарственных смесей и вспомогательных веществ.

- *драже* – дозированная лекарственная форма шарообразной формы, получаемая путем многократного наслаивания лекарственных средств и вспомогательных веществ на гранулы;

- *гранулы* – однородные частицы (крупинки, зернышки) лекарственных средств округлой, цилиндрической или неправильной формы, размером 0,2–0,3 мм;

- *порошки* – лекарственные формы, обладающие сыпучестью. Порошки подразделяются на простые (однокомпонентные) и сложные (содержать два или более лекарственных средств);

- *капсулы* – дозированная лекарственная форма, принимаемые внутрь, заключенные в оболочку (крахмальную или желатиновую).

Лекарственные формы по типу дисперсной системы делятся на гомогенные, гетерогенные, комбинированные, по типу введения – для наружного применения, местного применения и парентерального, по типу высвобождения – с обычным и с модифицированным высвобождением.

Оценку качества лекарственных средств, как правило, проводят по показателям качества действующего вещества и по показателям качества, характеризующим данную (конкретную) лекарственную форму.

К показателям качества для оценки качества ЛС относятся: «Описание», «Подлинность», «Количественное определение», «Микроскопическая чистота» (для нестерильных лекарственных форм) и «Стерильность» (для стерильных лекарственных форм).

*Описание.* Указываются требования, предъявляемые к внешнему виду и органолептическим характеристикам лекарственного средства в данной лекарственной форме, например цвет, запах.

*Подлинность.* Используя химические и физико-химические методы анализа, определяется состав лекарственного средства. Подлинность ЛС доказана, если полученные результаты соответствуют требованиями фармакопейной статьи.

*Количественное определение.* Испытание зависит как от состава лекарственного препарата, так и действующих, и вспомогательных веществ. Содержание определяемых веществ выражается в миллиграммах в одной дозе для дозированных лекарственных форм или в 1 г (мл) препарата для недозированных форм.

К показателям качества твердых лекарственных форм (таблеток) относятся [2]:

*Описание.* Выбирают двадцать таблеток и оценивают их внешний вид при осмотре невооруженным глазом. Дают описание формы и цвета таблеток.

Таблетки должны иметь гладкую, однородную поверхность на ней могут быть нанесены штрихи, риски для деления, надписи и другие обозначения. Если диаметр таблеток составляет 9 мм и более рекомендуется наличие риски.

*Однородность массы дозированных лекарственных форм.* Рекомендуется взвешивать не менее 20 таблеток с точностью до 0,001 г и рассчитывать среднюю массу.

*Потеря в массе при высушивании.* Аналитическую навеску таблетки взвешивают в бюксе, затем бюкс помещают в сушильный шкаф на два часа и высушивают при температуре от 100 до 105 °С при открытой крышке. После сушки бюкс с навеской переносят в эксикатор и охлаждают в течение 50 мин, потом охлажденный до комнатной температуры бюкс закрывают крышкой и взвешивают. Высушивание проводят до постоянной массы навески, взвешивания проводят после каждого часа высушивания.

*Распадаемость.* При отсутствии других указаний в фармакопейной статье в качестве жидкой среды используют воду. Таблетки должны распадаться в течение 15 мин при комнатной температуре

*Растворимость.* Согласно фармакопейной статье, понятие растворимости приводится в качестве характеристики приблизительной растворимости фармацевтических субстанций и вспомогательных веществ, при фиксированной температуре. Испытание следует проводить при температуре 20 °С.

*Упаковка, маркировка, хранение.* Проверка качества по этим показателям проводится согласно требованиям фармакопейной статьи.

Цель настоящей работы заключается в проведении контроля качества твердых лекарственных форм – таблеток без оболочек (Феррум Лек), таблеток, покрытых оболочкой (ибупрофен), таблеток из растительного сырья (термопсис – таблетки на основе травы термопсиса ланцетного).

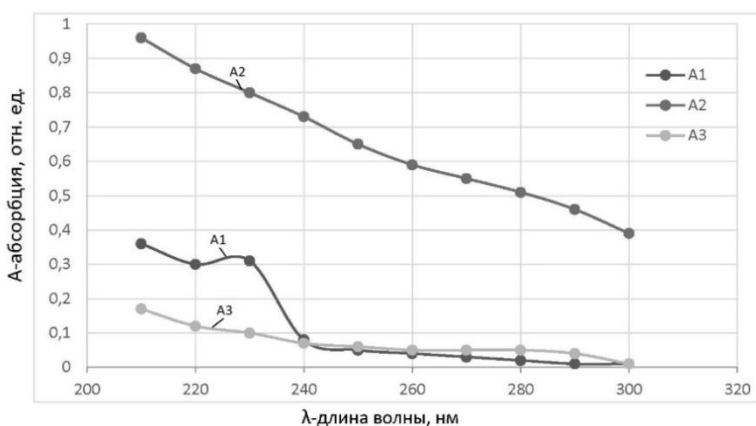
Определены показатели качества: «Однородность массы дозированных лекарственных форм» и «Потеря в массе при высушивании», проведена статистическая обработка полученных данных (табл. 1).

Предложено для оценки параметра качества «Растворимость» твердых лекарственных форм использовать УФ–спектры. Растворимость определяли в растворе хлороводородной кислоты ( $C(\text{HCl}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ ) и в растворе гидроксида натрия ( $C(\text{NaOH}) = 0,1 \text{ моль/дм}^3$ ), время растворения 15 мин при комнатной температуре. Спектры записывали на спектрофотометре SPECORD UV VIS в спектральном диапазоне от 200 до 300 нм.

**Таблица 1. Определение показателей качества твердых лекарственных форм**

№	Название твёрдых лекарственных форм	Показатели качества	
		Однородность массы дозированных форм, г	Потеря в массе при высушивании, %
1	Таблетки без оболочки	0,734±0,007 (± 0,90 %)	5,02 ±0,24
2	Таблетки с оболочкой	0,253 ± 0,001 (±0,40 %)	–
3	Таблетки из растительного сырья	0,287±0,003 (±1,00 %)	32,03 ± 0,25

На рис. 1 представлены УФ–спектры таблеток в растворе хлороводородной кислоты.



**Рис. 1. УФ-спектры таблеток в кислоте**

Пояснение к рисунку 1: A1 – спектр Ибупрофена, A2 – спектр Феррум Лек, A3 – спектр Термопсиса. Концентрации таблеток Ибупрофена, Феррум Лек и Термопсиса в растворе соляной кислоты равны и составляли 0,160 г/дм<sup>3</sup>.

На УФ–спектрах обнаруживаются полосы поглощения в диапазоне 210–300 нм, что подтверждается данными для ибупрофена, приведенными в фармакопейной статье. При сравнении спектров на длине волны 230 нм заметна достаточно большая разница в абсорбции, т.е в растворимости анализируемых таблеток. Растворимость таблеток без оболочки выше примерно в 3 раза по сравнению с растворимостью таблеток с оболочкой. Оболочка препятствует растворению и защищает слизистую оболочку желудка. Растворимость таблеток из растительного сырья незначительна и в 2 раза ниже растворимости таблеток с оболочкой.

На рис. 2 изображены спектры таблеток в растворе гидроксида натрия.

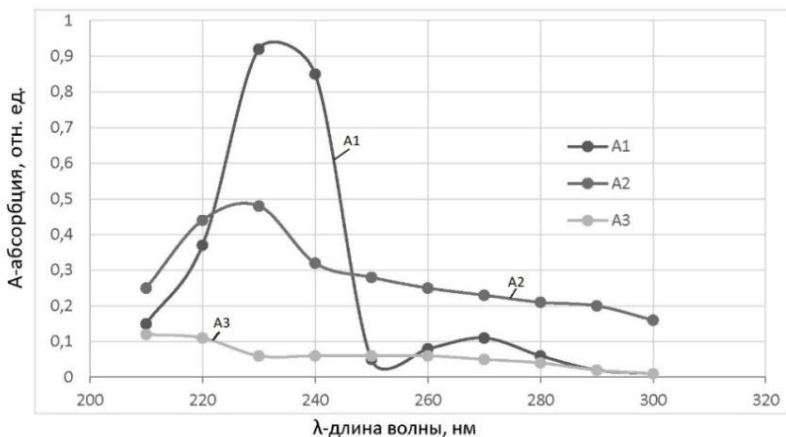


Рис. 2. УФ-спектры таблеток в щелочи

Пояснения к рисунку 2: А1 – спектр Ибупрофена, А2 – спектр Феррум Лек, А3 – спектр Термопсиса. Концентрации растворов таблеток Ибупрофена, Феррум Лек равны и составляют  $0,028 \text{ г/дм}^3$ , Термопсиса –  $0,160 \text{ г/дм}^3$ .

На УФ-спектрах в щелочной среде обнаруживаются полосы поглощения в том же диапазоне (210-300 нм), что и на УФ-спектрах в кислой среде. Абсорбция на длине волны 230 нм абсорбция для таблеток с оболочкой приблизительно в 2 раза превышает абсорбцию для таблеток без оболочки. Следовательно, растворимость таблеток с оболочкой в щелочной среде (характерной для кишечника) лучше по сравнению с растворимостью таблеток без оболочки. Растворимость таблеток из растительного сырья существенно не изменяется при изменении рН среды.

Выводы по работе:

- показатель качества «Однородность массы дозированных лекарственных форм» всех видов анализируемых таблеток соответствует требованиям фармакопейной статьи, поскольку допустимое отклонение не превышает 7,5%;

- показатель качества всех видов таблеток «Потеря в массе при высушивании» не соответствует требованиям фармакопейной статьи, согласно которой влажность не должна превышать 0,5%. Данное несоответствие может объяснено нарушениям условий хранения.

- показано, что УФ-спектры могут быть использованы для оценки показателя качества «Растворимость» твердых лекарственных форм. Обнаружено, что растворимость таблеток без оболочки и с оболочкой в щелочной

среде превышает их растворимость в кислой среде примерно в шесть раз. Растворимость таблеток из растительного сырья в кислой и в щелочной среде примерно одинакова, но достаточно низкая.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ОФС.1.4.1.0001.15 Лекарственные формы. URL: <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-4-1-0001-15-lekarstvennye-formy/>
2. ОФС.1.4.1.0015.15 Таблетки. URL: <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-4-1-0015-15-tabletki/>
3. *Золотов Ю.А.* Основы аналитической химии. В 2 кн. Кн. 1. Общие вопросы. Методы разделения: Учеб. для вузов / Ю.А. Золотов, Е.Н. Дорохова, В.И. Фадеев и др.; под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высшая школа, 2004. 361 с.

\

## КАЧЕСТВЕННАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЛАКТАТА КАЛЬЦИЯ, ПОЛУЧЕННОГО В ХОДЕ БИОХИМИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

**А.Д. Никифорова, Е.М. Горбунова**

Научный руководитель – **Е.М. Горбунова**, канд. хим. наук, доцент

Воронежский государственный университет инженерных технологий

*Путем биохимического синтеза из сухого сывороточного пермеата получена молочная кислота. Концентрация молочной кислоты составила 16,74% (1860 °Т). Для предотвращения нарастания кислотности применяли гашеную известь. Для идентификации полученного раствора лактата кальция применяли метод инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье. Колебания в области 1500-1750 см<sup>-1</sup>, соответствуют карбонильным группам. В области 3000-3500 см<sup>-1</sup> – многочисленные пики, сливающиеся в один крупный пик – колебания ОН-групп, 1300-1410 см<sup>-1</sup>, соответствуют пики С-Н групп.*

**Ключевые слова:** пермеат, молочная сыворотка, титруемая кислотность, ИК-спектр.

## QUALITATIVE IDENTIFICATION OF CALCIUM LACTATE OBTAINED DURING BIOCHEMICAL SYNTHESIS

**A.D. Nikiforova, E.M. Gorbunova**

Scientific Supervisor - **E. M. Gorbunova**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Voronezh State University of Engineering Technologies

*By biochemical synthesis, lactic acid is obtained from dry whey permeate. The lactic acid concentration was 16.74% (1860 °T). Slaked lime was used to prevent the increase in acidity. The method of infrared spectroscopy with Fourier transform was used to identify the resulting solution of calcium lactate. Fluctuations in the region of 1500-1750 cm<sup>-1</sup> correspond to carbonyl groups. Numerous peaks merging into one large peak-fluctuations of the OH groups, 1300-1410 cm<sup>-1</sup> correspond to the peaks of the C-H groups in the region of 3000-3500 cm<sup>-1</sup>.*

**Keywords:** permeate, whey, titratable acidity, IR-spectrum.

Одной из приоритетных задач биотехнологии является создание биоразлагаемых материалов и изделий из них, применяемых в народном хозяйстве: упаковочных материалов, одноразовой посуды, ёмкости для рассады растений с целью решения проблемы их утилизации по завершении срока использования [1]. Актуальным является использование материалов на основе молочной кислоты, что определяется возможностью её получения биоконверсией растительного сырья, т.е. на основе возобновляемых источников сырья [2].

Цель работы – исследование условий синтеза молочной кислоты из пермеата молочной сыворотки и идентификация лактата кальция методом инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье.

Для синтеза молочной кислоты использовали сывороточный сухой пермеат – продукт, полученный из пермеата молочной сыворотки, с использованием мембранных методов обработки, вакуум-концентрирования, кристаллизации и распылительной сушки. Основным компонентом пермеата является лактоза, массовая доля которой в пересчете на сухое вещество, составляет не менее 85%.

В качестве продуцентов молочной кислоты использовали комплекс гомотрофических микроорганизмов «Эвиталия» (*Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophiles*, *Propionibacterium freudenreichii* subsp. *Shermani*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus acidophilus*).

Для биохимического синтеза использовали концентрированный раствор пермеата с массовой долей лактозы 65 %. Вносили закваску из расчета 0,5% от массы сырья. Молочнокислородное брожение вели при температуре 45 °С, в течение 7 суток.

При периодическом способе культивирования каждые сутки в культуральной жидкости определяли титруемую кислотность и рН. Для предотвращения нарастания кислотности свыше 150-200 °Т сывороточный пермеат раскисляли гашеной известью концентрацией 20%. Вследствие чего рН в культуральной жидкости повышалось с 5,5 до 7. Процесс вели до концентрации лактозы 0,8% мас.

Для выделения молочной кислоты культуральную жидкость обрабатывали гашеной известью, доводя значение рН до 10. Далее лактат кальция разлагали H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Сульфат кальция выделяется из раствора в виде осадка (гипса). Полноту разложения образовавшегося лактата кальция контролировали с помощью цветной реакции с 0,1% раствором метилового фиолетового, который имеет васильковый цвет, при избытке серной кислоты – зеленый, лактата кальция – фиолетовый. Далее надосадочную жидкость, содержащую молочную кислоту, дополнительно очищали от гипса фильтрованием [14]. Концентрация молочной кислоты составила 16,74% (1860 °Т).

Для идентификации полученного раствора применяли метод инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье. Анализу подвергали лактат кальция, образующийся при нейтрализации продуктов брожения раствором гидроксида кальция. Для получения кристаллов лактата кальция температуру

снижали с 30 до 10 °С в течение 10 ч. Для сравнения были получены кристаллы лактата кальция из стандартного раствора молочной кислоты и гидроксида кальция.

Образцы исследовали с применением ИК-Фурье спектрометра «ИнфраЛЮМ ФТ-08» (Россия). Спектр поглощения и обработку результатов проводили с применением ПО СпектраЛЮМ [3].

По полученным ИК-спектрам видны колебания в области 1500-1750 см<sup>-1</sup>, соответствующие карбонильным группам. В области 3000-3500 см<sup>-1</sup> – многочисленные пики, сливающиеся в один крупный пик — колебания ОН-групп. 1300-1410 см<sup>-1</sup>, соответствующие пики С-Н групп.

Результаты анализа свидетельствуют о том, что основным веществом, полученным в ходе брожения и кристаллизации, являются кристаллы лактата кальция. Дальнейшее разложение лактата и отделение гипса дает возможность получить молочную кислоту.

Полученная таким образом молочная кислота содержит ионы металлов, сульфат- и хлорид-ионы и требует очистки с применением методов ионообменной хроматографии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Самуйленко А.Я.* Тенденции развития производства молочной кислоты / А.Я. Самуйленко, С.А. Гринь, В.И. Еремец, С.М. Шинкарев, Л.А. Неминая, Т.А. Скотникова, С.А. Лермонтов, Л.А. Зимагулова, А.Р. Галиева // Вестник технол. ун-та. 2017. Т. 20, № 1. С. 162-166.
2. *Мельникова Е.И.* Мировой и Российский рынок сыровоточных ингредиентов / Е.И. Мельникова, Е.В. Богданова, Д.А. Павельева // Молочная промышленность. 2020. №8. С. 56-58.
3. *Глаголева Л.Э.* Определение функциональных групп растительных комплексов зеленой гречки методом ИК-спектроскопии / Л.Э. Глаголева, А.С. Губин, А.В. Александрова, И.В. Коротких // Вестник Российской сельскохозяйственной науки 2017. № 4. С. 57-60.



## ПОЛУЧЕНИЕ АЗИРИДИНОВ НА ОСНОВЕ 5-АЛКЕНИЛ-1,2,4-ОКСАДИАЗОЛОВ

**Е.А. Носова, В.С. Филиппова, В.В. Сиднева, Е.Р. Кофанов**

Научный руководитель – **Е.Р. Кофанов**, д-р хим. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются особенности синтеза азиридинов на основе 5-алкенил-1,2,4-оксадиазолов.*

***Ключевые слова:** гетероциклические соединения, 1,2,4-оксадиазолы, азиридины, аминфталимиды, аминоазиридинирование.*

## PREPARATION OF AZIRIDINES FROM 5-ALKENYL-1,2,4-OXADIAZOLES

**E.A. Nosova, V.S. Filippova, V.V. Sidneva, E.R. Kofanov**

Scientific Supervisor – **E.R. Kofanov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The features of the synthesis of aziridines from 5-alkenyl-1,2,4-oxadiazoles are considered.*

***Keywords:** heterocyclic compounds, 1,2,4-oxadiazoles, aziridines, aminophthalimides, aminoaziridination.*

1,2,4-Оксадиазолы находят применение во многих областях науки, техники. 1,2,4-Оксадиазолы представляют собой пятичленные ароматические гетероциклы, содержащие два азотных и один кислородный гетероатомы [1].

1,2,4-оксадиазолы и их производные обладают противовоспалительной, антибактериальной, анальгетической, противотуберкулезной и противомаларийной активностью, являются эффективными фунгицидами, инсектицидами и антидепрессантами [1].

1,2,4-Оксадиазолы используются при производстве не только лекарственных препаратов, гербицидов, инсектицидов, красителей, но и в качестве полимерных и композитных материалов.

Производные 1,2,4-оксадиазолов находятся на различных стадиях доклинических и клинических испытаний и содержатся в составе ряда лекарственных средств. В том числе 1,2,4-оксадиазолы представляют интерес в качестве веществ, активных в отношении штаммов патогенных бактерий. Разработка новых

методов синтеза 1,2,4-оксадиазолов с алкенильными и аминифенильными фрагментами, а также исследование их физико-химических и биологических свойств является актуальной задачей.

1,2,4-оксадиазолы, содержащие алкенильный фрагмент интересны тем, что их можно активно использовать в качестве промежуточных соединений в органическом синтезе и осуществлять реакции по двойной связи.

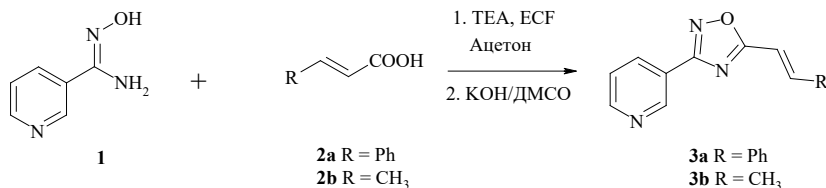
Азиридины – это азотсодержащие соединения, относящиеся к циклическим аминам. Химия азиридинов вызывает большой исследовательский интерес и интенсивно развивается. Среди производных азиридина обнаружены высокоэффективные и перспективные лекарственные препараты [2].

Так, на основе азиридина и производных фосфорной кислоты был получен ряд амидов, которые нашли клиническое применение при лечении различных форм рака [2]. Также азиридин применяется для получения полиэтиленамина, аминоэтилировании полимеров (акрилатов), улучшения их адгезии к различным поверхностям (водоэмульсионные краски); полифункциональные производные азиридина применяются как сшивающие агенты [4].

Азиридины можно получить из 1,2,4-оксадиазолов реакцией окислительного аминоазиридинирования. Это общий стереоспецифичный и стереоселективный синтетический метод получения разнообразных производных *N*-аминоазиридина. Окислительное аминоазиридинирование используют чаще, так как этот метод эффективен и при этом требует небольших затрат [5].

Мы провели синтез азиридинов из 1,2,4-оксадиазолов, в результате которого были получены целевые продукты с хорошим выходом.

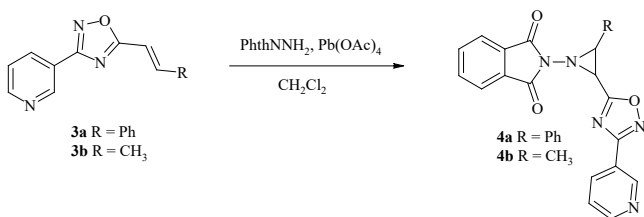
Синтез 1,2,4-оксадиазола осуществляли по известной методике [6].



**Рис. 1. Схема реакции получения 3,5-дизамещенных-1,2,4-оксадиазолов**

На первой стадии осуществляли синтез *O*-ациламидоксима. Растворили кислоту (2) в 10 мл ацетона, добавили триэтиламин (ТЕА), по каплям этилхлорформат (ЕСF), перемешивали 20 минут. Добавили амидоксим (1), перемешивали еще 60 минут при температуре 20-25 °С. Вылили в 100 мл воды, отфильтровали и высушили осадок.

На второй стадии к раствору *O*-ациламидоксима в 2 мл диметилсульфоксида добавили гидроксид калия, перемешивали при температуре 20-25 °С в течение 10 минут. Вылили реакционную массу в 20 мл воды, отфильтровали и высушили образовавшийся осадок 1,2,4-оксадиазола (3).



**Рис. 2. Схема реакции получения азиридинов на основе 5-алкенил-1,2,4-оксадиазолов**

В ходе дальнейшей работы были получены азиридины (4).

К суспензии карбоната калия в растворе 1,2,4-оксадиазола в дихлорметане охлажденного до  $-10\text{ }^\circ\text{C}$  добавили *N*-аминофталимид и тетраацетат свинца. Смесь перемешивали 20 минут при температуре  $-10\text{ }^\circ\text{C}$ . Отфильтровали неорганический осадок. Испарили растворитель из фильтрата, получили продукт реакции в виде осадка желтого цвета. Очистку продукта проводили пересаживанием. Строение и чистота полученных соединений подтверждены с помощью ИК спектроскопии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Recent Advances in the Chemistry of 1,2,4-Oxadiazoles / A. Pace, S. Buscemi, A.P. Piccionello, I. Pibiri // ElsevierInc., Advances in Heterocyclic Chemistry. Vol. 116. 2015. P. 1–52.
- Солдатенков А.Т. Основы органической химии лекарственных веществ / А.Т. Солдатенков, Н.М. Колядина, И.В. Шендрик. М.: Химия, 2001. 192 с.
- An Unexpected Highly Stereoselective Bisaziridination of (E,E)-1,4-Dialkyl-2,3-dinitrobutadienes Followed by a Nitro Group Driven Ring Enlargement / A. Ciogli, S. Fioravanti, F. Gasparini, L. Pellacani, E. Rizzato, D. Spinelli, P. A. Tardella // J. Org. Chem. 2009. Vol. 74. P. 9314–9318.
- Гембицкий П.А. Этиленимин: синтез, строение, свойства / П.А. Гембицкий, Н.М. Лойм, Д.С. Жук // АН СССР. Ин-т нефтехим. синтеза им. А.В. Топчиева. М.: Наука, 1966. 256 с.
- Kuznetsov M.A. Oxidative aminoaziridination: past, present, and future / M.A. Kuznetsov, L. M. Kuznetsova, A. S. Pankova // Tetrahedron Letters. 2016. Vol. 57. P. 3575–3585.
- An efficient synthesis and antimicrobial evaluation of 5-alkenyl- and 5-styryl- 1,2,4-oxadiazoles / M. Tarasenko, V. Sidneva, A. Belova, A. Romanycheva, T. Sharonova, S. Baykov, A. Shetnev, E. Kofanov, M. Kuznetsov // ARKIVOC. Part vii. P. 458–470.

**ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИИ ПОЛУЧЕНИЯ 3,4-ДИГИДРО-2Н-ТИОПИРАНОВ НА ОСНОВЕ НЕСИММЕТРИЧНЫХ ДИАРИЛИДЕНКЕТОНОВ**

**М.В. Старостин, К.Л. Овчинников**

Научный руководитель – **К.Л. Овчинников**, канд. хим. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается способ получения 3,4-дигидро-2Н-тиопиранов на основе несимметричных диарилиденкетонев.*

*Ключевые слова:* 3,4-дигидро-2Н-тиопираны, несимметричные диарилиденкетоны.

**STUDY OF THE REACTION OF OBTAINING  
3,4-DIHYDRO-2H-THIOPYRANES BASED ON UNSYMMETRIC  
DIARYLIDENKETONES**

**M.V. Starostin, K.L. Ovchinnikov**

Scientific Supervisor – **K.L. Ovchinnikov**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*A method for the preparation of 3,4-dihydro-2H-thiopyrans based on unsymmetrical diarylidenketones is considered.*

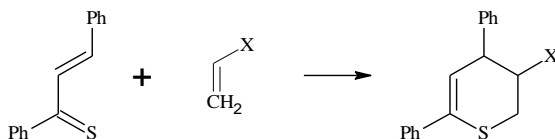
*Keywords:* 3,4-dihydro-2H-thiopyrans, unsymmetrical diarylidenketones.

3,4-дигидро-2Н-тиопираны являются практически значимыми соединениями и представляют интерес с позиций синтетической органической химии. Они могут являться исходными соединениями для синтеза различных биологически активных веществ, лекарственных препаратов, ароматизаторов.

В связи со значимостью 3,4-дигидро-2Н-тиопиранов, важно разработать эффективный, экономичный и удобный способ их получения из доступных исходных соединений.

Самым перспективным способом получения 3,4-дигидро-2Н-тиопиранов является их получение по гетерореакции Дильса-Альдера [1].

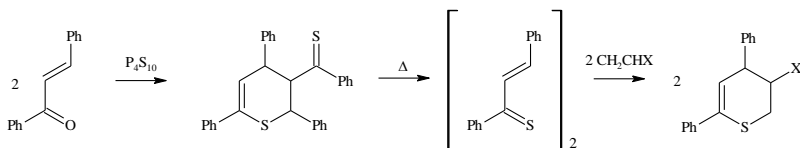
Известен способ получения 3,4-дигидро-2*H*-тиопиранов по данной реакции из тиохалконов и некоторых диенофилов [2-4] (рис. 1).



X = CN, CONH<sub>2</sub>

**Рис. 1. Схема реакции получения 3,4-дигидро-2*H*-тиопиранов по гетерореакции Дильса-Альдера из тиохалконов и некоторых диенофилов**

Проблемой данного метода являются трудности, связанные с получением тиохалконов. Последние получают сульфидированием халконов. При этом образующиеся тиохалконы димеризуются. Для проведения дальнейшей конденсации с диенофилом, реакцию нужно проводить при кипении для мономеризации димера. Таким образом реакция проводится в две стадии (рис. 2).



X = CN, CONH<sub>2</sub>

**Рис. 2. Схема реакции получения 3,4-дигидро-2*H*-тиопиранов через образование димеров тиохалконов**

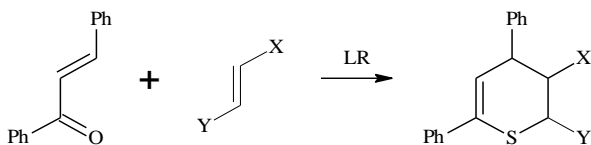
Согласно этому методу, можно использовать различные диенофилы: классические линейной структуры (акрилонитрил, акриламид), циклические (малеиновый ангидрид), халконы, из которых получали сами димеры тиохалконов, вещества, содержащие по две кумулированные двойные связи.

Из минусов можно отметить: проведение синтеза в две стадии, использование на первой стадии в качестве растворителя токсичный сероуглерод, а на второй – канцерогенный бензол, в некоторых случаях неудобную очистку с помощью колоночной хроматографии, а также необходимость проведения второй стадии синтеза в инертной атмосфере.

Существует еще один способ проведения реакции циклоприсоединения по Дильсу-Альдеру с образованием тиопиранов [5].

Способ заключается в одностадийном получении тиопиранов из халконов и различных диенов, таких как малеиновый ангидрид, 5-норборнен-2,3-

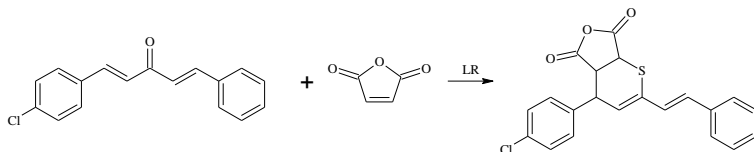
дикарбоновый ангидрид, *N*-метоксималеинимид, диэтилмалеат и другие. В качестве сульфидирующего агента используется реактив Лавессона, растворитель – относительно безопасный и дешевый толуол (рис. 3).



**Рис. 3. Схема реакции одностадийного получения 3,4-дигидро-2*H*-тиопиранов**

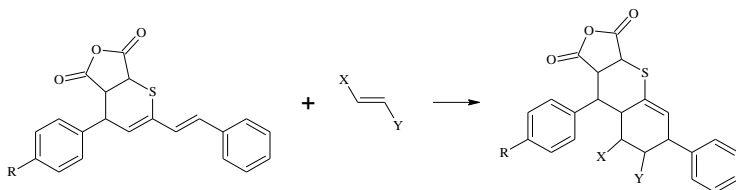
Этот метод лишен недостатков присущих другим способам, таких как проведение синтеза в две стадии, сложная очистка димеров  $\alpha,\beta$ -непредельных тиокарбонильных соединений с помощью колоночной хроматографии, использовании в качестве растворителя дорогих и токсичных соединений, таких как сероуглерод, образование в результате реакции двух стереоизомеров.

В нашей работе был использован именно этот метод. Нами был получен 3,4-дигидро-2*H*-тиопиран на основе 1-(4-хлорфенил)-5-фенилпента-1,4-диен-3-она (**1**) и малеинового ангидрида (рис. 4).



**Рис. 4. Схема реакции получения 3,4-дигидро-2*H*-тиопиранов на основе 1-(4-хлорфенил)-5-фенилпента-1,4-диен-3-она**

В дальнейшем в наших планах получить подобные продукты на основе других диарилиденкетонв. А также проведение следующей стадии: диенового синтеза (рис. 5).



**Рис. 5. Схема реакции диенового синтеза гексагидро-2*H*-тиохромена на основе несимметричного диарилиденкетона**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Онищенко А.С.* Диеновый синтез. М.: Изд-во Академии наук СССР, 1963. 652 с.
2. *Takayuki Karakasa.* Chemistry of  $\alpha,\beta$ -Unsaturated Thione Dimers. 1. Preparation of  $\alpha,\beta$ -Unsaturated Thione Dimers and Thermolysis of These Dimers in the Presence of Acrylonitrile or Acrylamide / Takayuki Karakasa, Shinichi Motoki // J. Org. Chem. 1978. Vol. 43, № 21. P. 4147-4150.
3. *Takayuki Karakasa.* Chemistry of  $\alpha,\beta$ -Unsaturated Thione Dimers. 2. Reactions of Thiochalcones and 2-Arylidene-1-thiotetralones with Some Olefins and the Parent Ketones of the Thiones / Takayuki Karakasa, Shinichi Motoki // J. Org. Chem. 1979. Vol. 44, № 23. P. 4151-4155.
4. *Takayuki Karakasa.* Chemistry of  $\alpha,\beta$ -Unsaturated Thione Dimers. 3. Reactions of Thiochalcones and 2-Arylidene-1-thiotetralones with Cumulenes Containing a Carbon-Carbon Double Bond / Takayuki Karakasa, Hiroshi Yamaguchi, Shinichi Motoki // J. Org. Chem. 1980. Vol. 45, № 6. P. 927-930.
5. Пат. 2670977 RU, МПК C07D 335/02, C07D 335/04, C07D 409/04. Способ получения производных 3,4-дигидро-2*H*-тиопирана: № RU 2018112934; заявл. 2018.04.09; опубл. 2018.10.26 / Меркулова Е.А., Колобов А.В., Овчинников К.Л.

## СИНТЕЗЫ СОЕДИНЕНИЙ С АКТИВНОЙ МЕТИЛЕНОВОЙ КОМПОНЕНТОЙ

**К.Е. Фролова, М.А. Зарубина, А.В. Колобов**

Научный руководитель – **А.В. Колобов**, д-р хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Исследованы пути синтеза кумаранона-3 и тиазолидин-2,4-диона. Отработаны методики синтеза полупродуктов, разработаны технологические схемы.*

**Ключевые слова:** кумаранон-3, тиазолидин-2,4-дион, циклизация, галогенирование, внутримолекулярное алкилирование фенола.

## SYNTHESIS OF COMPOUNDS WITH AN ACTIVE METHYLENE COMPONENT

**K.E. Frolova, M.A. Zarubina, A.V. Kolobov**

Scientific Supervisor – **A.V. Kolobov**, Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The synthesis pathways of coumaranone-3 and thiazolidine-2,4-dione were investigated. Methods of synthesis of intermediates are worked out, technological schemes are developed.*

**Keywords:** coumaranone-3, thiazolidine-2,4-dione, cyclization, halogenation, intramolecular alkylation of phenol.

В ходе работы были исследованы пути синтеза соединений с активной метиленовой компонентой - кумаранона-3 (**1**) и тиазолидин-2,4-диона (**2**). Эти соединения востребованы промышленностью в качестве прекурсоров фармацевтических препаратов. Анализ литературных данных (рис. 1) показал, что для синтеза **1** наиболее удобен метод, включающий галогенирование о-гидроксиацетофенона с последующей циклизацией. Для синтеза **2** удобно пользоваться реакцией тиомочевины с галогенуксусной кислотой (рис. 2)



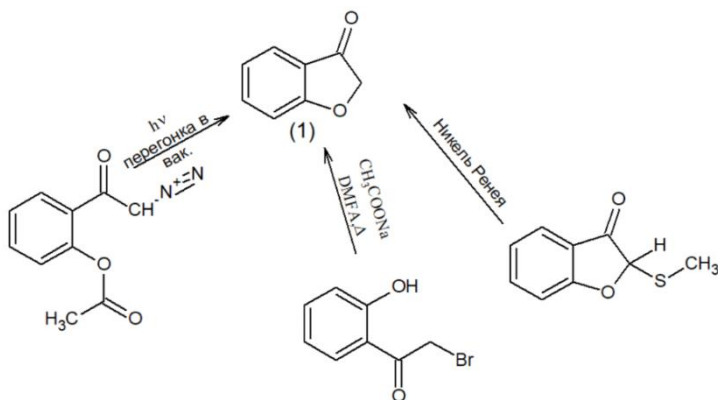


Рис. 1. Схема получения кумаранона-3 (1) [1-3]

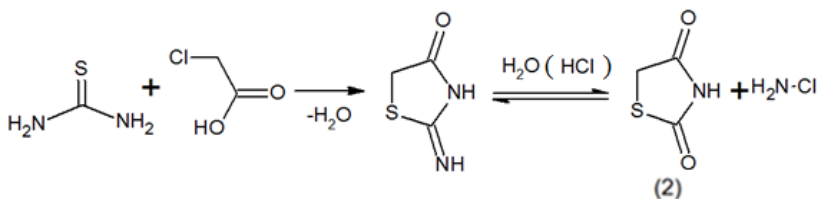


Рис. 2. Схема получения тиазолидин-2,4-диона (2)

Отработка условий галогенирования *o*-гидроксиацетофенона показала, что проведение реакции в условиях, описанных в работе [1] по данным ИК-спектроскопии, приводит к смеси галогенкетона с исходным ацетофеноном. Поэтому нами увеличено время реакции до 3 ч., а сама реакция проводилась при охлаждении реакционной смеси до комнатной температуры.

Согласно литературным данным [4], взаимодействие тиомочевин с хлоруксусной кислотой проводят как с добавлением соляной кислоты в реакционную смесь, так и без него [5]. Наши эксперименты показали, что в случае присутствия кислоты реакция протекает с большим экзотермическим эффектом и требует большего времени для постепенного прибавления кислоты. При этом выход в отсутствие кислоты составил 87%, а с кислотой не более 30%. Таким образом, наилучшие результаты получаются взаимодействием хлоруксусной кислоты с тиомочевинной в отсутствие кислоты.

Для синтеза соединений 1 и 2 были нами разработаны технологические схемы, составлен материально-технический баланс.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Deshpande A.R.*. Synthesis of 3-(3-Benzofuranyl) coumarins / A.R. Deshpande, M. V. Paradkar // *Synthetic Communications*. 1990. 20(6). P. 809-816.
2. *Эльдерфилд Р.* Гетероциклические соединения. Т. 2. М.: Иностранная лит-ра, 1954. URL: <http://padaread.com/?book=13502&pg=1>
3. Chemistry of Heterocyclic Compounds: 2,3-dihydrobenzofuran-3-one in the synthesis of 3-сyano-2-amino-1-p-nytrophenyl-1,2-dihydropyrido[3,2-b] benzofuran / V.A. Azimov, S.Yu. Ryabova, L.M. Alekseeva, V.G. Granik. // *Chemistry Of Heterocyclic Compounds*. 2000. Vol. 3, №.11. P. 1272-1275.
4. A class of carbonic anhydrase IX/XII – selective carboxylate inhibitors / R.A. Alhameed, E. Berrino, Z. Almarhoon, A. El-Faham, C.T. Supuran // *J. Enzyme Inhib. Med. Chem.* 2020. V. 35, No. 1. P. 549-554.
5. *Meng G.* Synthetic optimization of rosiglitazone and related intermediates for industrial purposes / M. Zheng, M. Dong, Y. Gao, A. Zheng // *Res. Chem. Intermed.* V. 42, No. 3. 2015. P. 2023–2033.

## **КРОВЬ СВЯТОГО ЯНУАРИЯ: ЛАБОРАТОРНОЕ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ЧУДА**

**М.С. Белинов, Д.М. Немиров, Л.Г. Аниканова**

Научный руководитель – **Л.Г. Аниканова**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Полученная «лабораторная кровь святого Януария» представляет собой тиксотропный гель гидроксида железа, коллоидного FeOOH. Многие описанные характеристики святой крови можно объяснить поведением тиксотропного геля.*

***Ключевые слова:** святой Януарий, оксогидроксид железа, тиксотропия.*

## **BLOOD OF SAINT JANUARIUM: LABORATORY REPRODUCTION OF A MIRACLE**

**M.S. Belinov, D.M. Nemirov, L.G. Anikanova**

Scientific Supervisor - **L.G. Anikanova**, Candidate of Chemical,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The obtained "laboratory blood of St. Januarius" is a thixotropic gel of iron hydroxide, colloidal FeOOH. Many of the described characteristics of holy blood can be explained by the behavior of the thixotropic gel.*

***Keywords:** Saint Januarius, ferric oxyhydroxide, thixotropy*

В конце III века, в эпоху гонений на христиан, Януарий, будучи епископом Беневенто, был обезглавлен вместе с другими представителями духовенства и верующими. Останки Януария, как считается, забрали его последователи, которые долгие годы хранили кости в катакомбах. В конце XV века мощи Святого перенесли в Неаполь, где к тому времени находилась его голова, помещенная в специальный позолоченный серебряный бюст. Однако самая главная реликвия хранится за алтарем кафедрального собора Неаполя – две ампулы, которые, как верят католики, содержат засохшую кровь священномученика, собранную одной христианкой сразу же после казни [1].

«Чудо» свершается трижды в год, когда засохшая кровь становится на некоторое время жидкой, что по вере христиан является добрым знаком для

всего мира. Если же «чудо» не происходит и кровь остаётся засохшей, то верующие готовятся к бедам и катаклизмам, о которых их предупреждает сам святой [1].

Если предположить, что кровь, которая участвует в совершении чуда, настоящая (взята из живого организма), то, чтобы стать жидкой, ей нужно провести деградацию фибрина (обратное свертывание).

Деградация фибрина вне организма невозможна, так как «изолированная» кровь (кровь в колбе) не получает плазмин (фермент), который в свою очередь образуется из плазминогена, который образуется в печени, костном мозге, почках живых существ. Плазминоген может содержаться в «изолированной» крови, но, чтобы он подействовал на плазмин, необходимо его активировать. Активация обусловлена действием тканевого активатора плазминогена, который содержится в клетках, а также урокиназы, калликреина и факторов свертывания крови XIa и XIIa, которых в «изолированной» крови содержаться не может [2].

Таким образом, занимаясь разоблачением чуда, мы пришли к выводу, что кровь в ампуле является искусственным материалом, который обладает свойством тиксотропии.

Тиксотропия – это способность субстанции уменьшать вязкость (разжижаться) от механического воздействия и увеличивать вязкость (сгущаться) в состоянии покоя. Иначе говоря, процесс, позволяющий преобразовывать пастообразную субстанцию или порошок в жидкость в результате механических воздействий, например, сильных встряхиваний. Его физической основой является разрушение структурных связей внутри пластично-вязкого материала, при этом материал теряет структурную прочность и превращается в вязкую жидкость, а после прекращения механического воздействия снова обретает структурную прочность. Данное явление используют при виброуплотнении бетонных и растворных смесей, при нанесении мастичных и окрасочных составов шпателем или кистью. Тиксотропные материалы используют в технологии силикатов, пластических масс, пищевых продуктов. К тиксотропным изменениям способны: шоколадная масса, растворы миозина, протоплазма клеток при их делении, клетки мозга при сотрясении [3].

Итак, тиксотропными свойствами обладает FeOHO – жидкость-паста, напоминающая по цвету и плотности кровь. В состав «лабораторной крови Январия» входят H<sub>2</sub>O, NaCl, CaCO<sub>3</sub> и один из хлоридов железа. Процесс изготовления занимает несколько дней. Нужно лишь знать концентрации этих веществ. NaCl и CaCO<sub>3</sub> получить не сложно. Первый добывают на солевых месторождениях, так как это обычная поваренная соль; второй - обычный мел или толченые морские ракушки. Но вот нужный хлорид железа в природе, по крайней мере в Италии, не встречается. Его, древние художники, обнаружили в минерале молизит (содержащий FeCl<sub>3</sub>), который входил в состав лавы вулкана Везувия, он образовывал крупные пятна и корки на лаве. Его использовали как особый пигмент для придания краскам кровавого оттенка. После, полу-

ченные компоненты смешивались в нужных пропорциях до получения необходимой консистенции.

В лабораторных условиях нам удалось получить тиксотропный  $\text{Fe}(\text{OH})\text{O}$ . Для этого мы проделали следующие шаги.

Растворили 25 г  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  в 100 мл воды. Получили прозрачный красновато-оранжевый раствор. Затем полученный раствор разделили по трем коническим колбам в одинаковых пропорциях. В первую колбу медленно добавили 10 г порошкообразного  $\text{CaCO}_3$ . Раствор хлорида железа является кислым, поэтому произошло пенообразование и выделение  $\text{CO}_2$ . Добавляли  $\text{CaCO}_3$  медленно, помешивая. Количество добавленной соли могло варьироваться, и нам следовало избегать полного осаждения образовавшегося гидроксида железа. Во вторую колбу добавили 10 г карбоната калия (широко используемого в 14 веке и получаемого из древесной золы). В третью колбу добавили  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (солевая сода). Во всех трех колбах получился темно-коричневый раствор из-за образования коллоидного  $\text{FeO}(\text{OH})$ . Затем нам необходимо было провести диализ полученных растворов. Для этого мы приготовили 9 стеклянных трубок длиной около 15 см (1 коническая колба с раствором на 3 трубки). На одном конце трубок закрепили пергамент. Дальше заполнили их полученными растворами и погрузили в стаканы с дистиллированной водой, удерживая при этом сами трубки с помощью штативов. Уровень дистиллированной воды в стаканах должен был соответствовать уровню содержимого трубок. В связи с осмосом уровень жидкости внутри диализных трубок становился немного выше. Дистиллированную воду в стаканах необходимо было менять три-четыре раза с интервалом в 24 часа, до тех пор, пока вода не перестала желтеть. Также следили за тем, чтобы содержимое не переполнялось. Проведя диализ, медленно вылили растворы в соответствующие конические колбы. Раствор, в который добавили  $\text{CaCO}_3$ , приобрел темно-коричневую окраску. Раствор, в который добавили  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , приобрел ярко-красную окраску. А раствор, в который добавили  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , приобрел темно-красную окраску. Колбы с растворами нагрели и произвели медленное выпаривание воды для достижения густой консистенции раствора. Необходимо было следить за тем, чтобы не выпарить всю воду из растворов. Дальше добавили небольшое количество  $\text{NaCl}$  и хорошо взболтали. Если бы концентрация раствора была слишком велика, тиксотропный гель быстро бы схватился и ему было бы «трудно» растекаться при встряхивании. Если бы раствор получился слишком разбавленным, то он дольше становился бы твердым (процесс мог занимать до двух дней), но зато он стал бы более чувствительным к ударам, после которых становился бы очень жидким. Мы в свою очередь сделали все правильно и стали обладателями уникального вещества – лабораторной крови Святого Януария. Во всех трех случаях растворы обладали нужными нам свойствами, однако, приобрел наиболее близкую к крови окраску только один раствор – в который добавили  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Поэтому, вероятнее всего, в 14 веке вторым веществом, используе-

мым для приготовления крови святого Януария, являлся  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  или же обыкновенная сода.

Проведя данное исследование, мы можем сделать вывод, что информационно широко тиражируемый религиозный артефакт может являться обыкновенной подделкой и не иметь ничего общего с настоящей кровью. Чтобы получить 100% доказательство фальсификации, необходимо разрешение религиозных организаций на проведение всех лабораторных анализов, но соответствующих разрешений научному сообществу не поступало, что свидетельствует о том, что религиозному сообществу есть что скрывать. Экстраординарные утверждения требуют экстраординарных доказательств.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ианнуарий. Православная энциклопедия. / М.А. Курышева, Д.В. Зайцев, Л.К. Масиль Санчес, А.А. Лукашевич. М.: Церковно-научный центр «Православная энциклопедия», 2009. Т.20. С. 583-590.
2. Биологическая химия / Е.С. Северин, Т.Л. Алейникова, Е.В. Осипов, С.А. Силаева М.: ООО «Медицинское информационное агентство», 2008. С. 335-342.
3. Волков В.А. Коллоидная химия. Поверхностные явления и дисперсные системы: Учебник. 2е изд., испр. СПб.: Изд-во «Лань», 2015. С. 406-411.

## **СИНТЕЗ БРОМЗАМЕЩЁННЫХ АМИНОФЕНОКСИФТАЛЕВЫХ КИСЛОТ – МОНОМЕРОВ АВ-ТИПА ДЛЯ ПОЛИЭФИРИМИДОВ**

**Д.Э. Клейкова, Р.З. Карпов, И.Г. Абрамов**

Научный руководитель – **И.Г. Абрамов**, д-р хим. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Разработан метод синтеза бромзамещенных аминифеноксифталевых кислот – мономеров АВ-типа для полиэфиримидов.*

**Ключевые слова:** бромирование, бромзамещенные аминифеноксифталевые кислоты, 4-(3-ацетамидофенокси)фталонитрил.

## **SYNTHESIS OF BROMINE-SUBSTITUTED AMINOPHENOXY-PHTHALIC ACIDS - MONOMERS AB-TYPE FOR POLYEPHYRIMIDES**

**D.E. Kleykova, R.Z. Karpov, I.G. Abramov**

Scientific Supervisor – **I.G. Abramov**, Doctor of Chemical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*A method has been developed for the synthesis of bromine-substituted aminophenoxyphthalic acids - monomers of the AB-type for polyetherimides.*

**Keywords:** bromination, bromine-substituted aminophenoxyphthalic acids, 4-(3-Acetamidophenoxy)phthalonitrile.

Для введения брома в ароматическое ядро используют бром в свободном состоянии (в виде раствора в воде, ледяной уксусной кислоте, хлороформе, тетрахлорметане, сероуглероде) или в связанном состоянии (сульфурил-хлорид и др.).

Также бромирование ароматических углеводородов, осуществляется молекулярным бромом в присутствии катализаторов – кислот Льюиса, которые сопутствуют генерации электрофила.

Первый метод подходит для соединений с относительно небольшим показателем дипольного момента, так как в ином случае реакция будет прохо-

дить в гетерофазе, что замедляет скорость и понижает вероятность протекания процесса.

Второй метод подходит не для всех ароматических соединений, так как в их структуре могут находиться функциональные группы, которые взаимодействуют с катализатором и дезактивируют его. Также не маловажным критерием является качество каталитической системы.

Целью данной работы является разработка простого, некаталитического метода синтеза бромзамещенных аминифеноксифталевых кислот путем мягкого бромирования соответствующих фталонитрилов.

Для получения бромзамещенных аминифеноксифталевых кислот нами была разработана методика бромирования соответствующих нитрилов в среде ДМФА (схема 1).

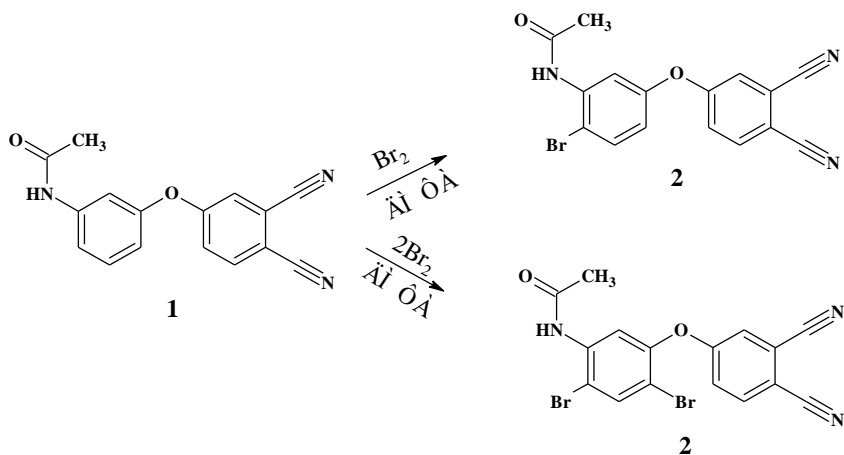


Схема 1

4-(3-Ацетидаминофенокси)фталонитрил **1** в ДМФА обрабатывали молекулярным бромом при температуре 50 °С в течение 1 часа. Затем реакционную массу охлаждали и выделяли в воду. Выход реакции составил 90 %. При повышении температуры реакции даже в соотношении брома к субстрату 1:1 в качестве побочного продукта образовывался **3**.

Выбор температуры реакции и мольное соотношение выбиралось путем контроля реакции методом ТСХ (таблица 1).



**Таблица 1. Зависимость наличия примесей побочных продуктов от температуры реакции и мольного соотношения реагентов**

Температура, °С	Соотношение	Наличие примеси
25	1:1	-
35	1:1	-
45	1:1	-
55	1:1	Небольшое количество <b>3</b>
65	1:1	Небольшое количество <b>3</b>
25	1:2	Небольшое количество <b>2</b>
35	1:2	Небольшое количество <b>2</b>
45	1:2	Небольшое количество <b>2</b>
55	1:1	-

Нами установлено, что наилучшими условиями для монобromирования **1** являются 45 °С и соотношение 1:1, для дибромирования **1** – 55 °С и соотношение 1:2.

Строение синтезированных соединений **2** и **3** подтверждено совокупностью данных ИК-, ЯМР-спектроскопии.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Киприянов А.И.* Электронная теория в органической химии: учебник / Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Академия наук Украинской ССР». Киев: Изд-во АН Украинской ССР, 1949. 172 с.
2. *Некрасов В.В.* Руководство к малому практикуму по органической химии. М.: Изд-во «Химия», 1975. 329 с.

## АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ ГИДРОКСИПРОИЗВОДНЫХ КОРИЧНОЙ КИСЛОТЫ ПРИ ОКИСЛЕНИИ МЕТИЛЛИНОЛЕАТА

**К.А. Лебедева, И.В. Тихонов**

Научный руководитель – **И.В. Тихонов**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

*Установлены закономерности связи строения гидроксипроизводных коричной кислоты с их антиоксидантной активностью при окислении метиллинолеата в гомогенной среде и мицеллах. Показано, что в мицеллах происходит снижение антиоксидантной активности по сравнению с гомогенной средой вследствие распределения антиоксиданта между фазами*

**Ключевые слова:** антиоксиданты, ингибированное окисление, метиллинолеат.

## ANTIOXIDANT ACTIVITY OF CINNAMIC ACID HYDROXYDRATIVES DURING OXIDATION OF METHYL LINOLEATE

**K.A. Lebedeva, I.V. Tikhonov**

Scientific Supervisor – **I.V. Tikhonov**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

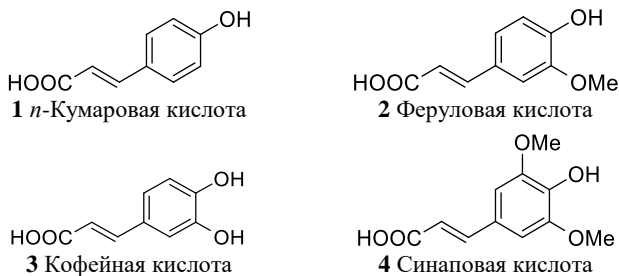
*The relationships between the structure of hydroxy derivatives of cinnamic acid and their antioxidant activity during the oxidation of methyl linoleate in a homogeneous medium and micelles have been established. It was shown that in micelles there is a decrease in antioxidant activity in comparison with a homogeneous medium due to the distribution of the antioxidant between the phases*

**Keywords:** antioxidants, inhibited oxidation, methyl linoleate.

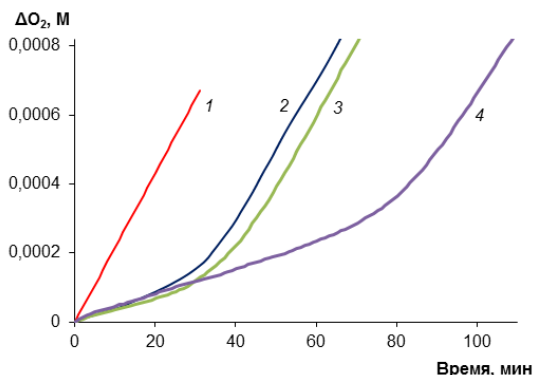
Фенольные соединения обладают антиоксидантными свойствами, вследствие чего способны тормозить процессы окисления органических соединений, в том числе в живых организмах. Типичными представителями фенолов, встречающихся в различных продуктах питания, являются гидроксипроизводные коричной кислоты. Изучение антиоксидантной активности подобных соединений проводят на упрощенных моделях, в частности при окислении стирола [1], а также моделей липидов в гомогенной среде и водных ми-

целлах.

В настоящей работе исследована антиоксидантная активность производных коричной кислоты (рис. 1) при инициированном ААРН окислении метилинолеата (LH) в гомогенной среде и мицеллах Triton X-100 при 310 К. Антиоксидантную активность характеризовали двумя независимыми параметрами: константой скорости  $k_7$ , характеризующей силу ингибирующего действия, и коэффициентом ингибирования  $f$ , характеризующим продолжительность ингибирования. Типичные кинетические кривые ингибированного окисления на примере кофейной кислоты **3** приведены на рис. 2. Результаты определения параметров антиоксидантной активности представлены в табл. 1.



**Рис. 1.** Структуры гидроксипроизводных коричной кислоты



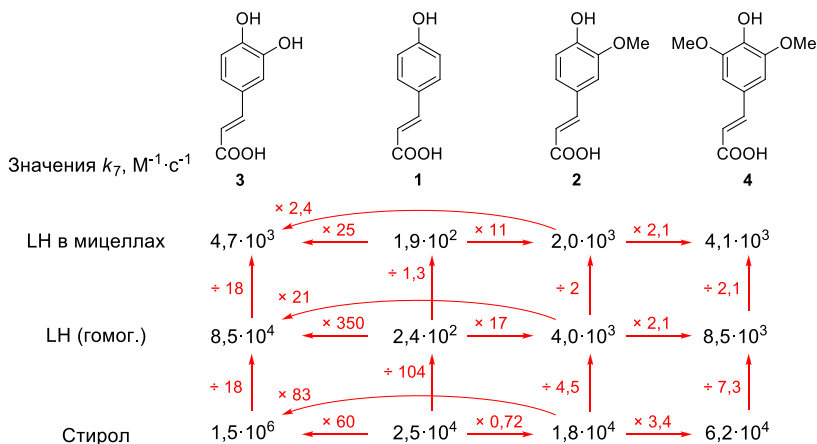
**Рис. 2.** Кинетика поглощения кислорода при ингибированном кофейной кислотой **3** окислении LH в мицеллах: [PhOH] · 10<sup>6</sup>, M: 0 (1); 1,2 (2); 2,0 (3); 3,3 (4). [LH] = 0,01 M; [AAPH] = 0,004 M; pH 7,4; 310 K

**Таблица 1. Параметры антиоксидантной активности производных коричной кислоты при окислении ЛН в мицеллах**

PhOH		$k_7 \cdot 10^3, \text{ л / (моль} \cdot \text{с)}$	$f$
<b>1</b>	<i>n</i> -Кумаровая кислота	0,19	–
<b>2</b>	Феруловая кислота	2,0	2,2
<b>3</b>	Кофейная кислота	4,7	5,6
<b>4</b>	Синаповая кислота	4,1	2,6

Значения коэффициентов ингибирования  $f$  для исследованных фенолов существенно различаются. Кофейная кислота **3** (производное пирокатехина), обладает высоким значением  $f$ , существенно превышающим теоретическое значение, равное 2. Причиной данного эффекта являются дальнейшие реакции продуктов превращения антиоксидантов (*n*-хинонов), которые вступают в реакции нуклеофильного 1,4-присоединения с образованием аддуктов, имеющих фенольные группы. Для *орто*-метоксифенолов **2**, **4** такие реакции невозможны, поэтому значения  $f$  для них близки к теоретическому.

При переходе от неполярной среды (стирол) к окислению метиллинолеата в растворе и далее к мицеллам происходит последовательное снижение  $k_7$  (рис. 3). Причиной этого снижения являются образование водородных связей между ОН-группой фенола и сложноэфирной группой метиллинолеата, ПАВ, водой, а также распределение антиоксиданта между фазами (водой и внутренней частью мицеллы).

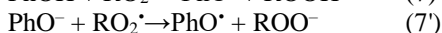
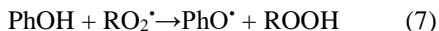


**Рис. 3. Влияние структуры и модельной системы на антиоксидантную активность производных коричной кислоты**

Во всех трех модельных системах антиоксидантная активность производных коричной кислоты возрастает в ряду **1 – 2 – 4 – 3**. Масштаб изменения антиоксидантной активности в результате влияния структурных факторов в данном ряду существенно зависит от полярности среды. В паре **1 – 3** появление второй ОН-группы в *орто*-положении увеличивает значение  $k_7$  на 1,5–2 порядка во всех трех системах. Свободный атом водорода ОН-группы в обеих молекулах образует одинаково прочные водородные связи с полярными компонентами среды, поэтому значения  $k_7$  падают в сопоставимой степени при переходе от неполярной среды к мицеллам, и различие в реакционной способности фенолов **1** и **3** остается высоким. Напротив, в паре **1 – 2** появление метоксигруппы в *орто*-положении практически не изменяет  $k_7$  в неполярной среде (электронодонорный эффект метоксигруппы нивелируется образованием внутримолекулярной водородной связи), но увеличивает  $k_7$  на порядок в полярной среде.

Фенолы **2** и **3** сильно отличаются по реакционной способности в неполярной среде. Заместители –ОН и –ОМе оказывают различное влияние на антиоксидантную активность: вторая группа –ОН активизирует имеющуюся в феноле гидроксигруппу (она остается свободной для атаки радикалом), а группа –ОМе дезактивирует гидроксигруппу вследствие образования внутримолекулярной водородной связи. В полярной среде происходит некоторое нивелирование активности: гидроксигруппы в обоих соединениях оказываются связанными (посредством внутри- и межмолекулярных водородных связей), а электронодонорные свойства заместителей –ОН и –ОМе близки. В паре **2 – 4** добавление второй группы –ОМе приводит к увеличению  $k_7$  в 2 – 3 раза вследствие электронодонорного эффекта.

Обнаружено, что уменьшение рН среды приводит к снижению антиоксидантной активности фенолов **2** и **4** при окислении ЛН в мицеллах. Вероятной причиной этого является ионизация фенольной группы, вследствие чего возможен вклад реакции переноса электрона (7') в общее ингибирование. При уменьшении рН среды доля ионизированной формы  $\text{PhO}^-$ , как и вклад реакции (7'), снижаются.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Tikhonov I.* The chain-breaking antioxidant activity of phenolic compounds with different numbers of O-H groups as determined during the oxidation of styrene / I. Tikhonov, V. Roginsky, E. Pliss // International Journal of Chemical Kinetics. 2009. V. 41. P. 92–100.

## МОНИТОРИНГ РЕАКЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ ГЕКСАГИДРО-5Н-ХРОМЕНО[4,3-*D*]ПИРИМИДИН-5-ОНОВ

**К.А. Майорова, Е.С. Макарова, С.И. Филимонов**

Научный руководитель – **С.И. Филимонов**, д-р хим. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*Исследованы закономерности образования и накопления диастереомерных 2-тиоксо-1,2,3,4,4а,10b-гексагидро-5Н-хромено[4,3-d]пиримидин-5-онов, образующихся в результате кислотно-катализируемой конденсации.*

**Ключевые слова:** *кислотно-катализируемая конденсация, 2-тиоксо-1,2,3,4,4а,10b-гексагидро-5Н-хромено[4,3-d]пиримидин-5-оны, мониторинг.*

## MONITORING OF THE REACTION OF HEXAHYDRO-5H-CHROMENO[4,3-*D*]PYRIMIDINE-5-ONES FORMATION

**K.A. Mayorova, E.S. Makarova, S.I. Filimonov**

Scientific Supervisor – **S.I. Filimonov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The regularities of formation and accumulation of diastereomeric 2-thioxo-1,2,3,4,4a,10b-hexahydro-5H-chromeno[4,3-d]pyrimidine-5-ones formed as a result of acid-catalyzed condensation are investigated.*

**Keywords:** *acid-catalyzed condensation, 2-thioxo-1,2,3,4,4a,10b-hexahydro-5H-chromeno[4,3-d]pyrimidin-5-ones, monitoring.*

Пиримидиноны являются перспективной гетероциклической системой, с помощью модификации которой разрабатываются новые биологически активные вещества. Кроме того, хромены, являющиеся одним из наиболее важных классов кислородсодержащих гетероциклических систем, играют большую роль в метаболизме различных растений, микроорганизмов, животных и человека.

Получению производных дигидро-1*H*-хромено[4,3-*d*]пиримидина уделяется особое внимание, поскольку гетероциклы, основанные на сочетании дигидропиримидиновых и хроменовых фрагментов, проявляют разнообразную

биологическую активность, такую как противогрибковая, антибактериальная и противораковая, а также являются антикоагулянтными, сосудорасширяющими и ангианафилактическими средствами [1].

Ранее для синтеза замещенных 2-тиоксо-1,2,3,4,4а,10b-гексагидро-5H-хромено[4,3-d]пиримидин-5-онов нами была разработана конденсация дигидропиримидин-2-тионов с 1,3-бензолдионами [2]. Однако данная реакция приводит к двум диастереомерам, исследование механизма получения которых не было затронуто в предыдущих публикациях.

Целью работы является мониторинг реакции образования диастереомеров 8-гидрокси-1,2,3,4,4а,10b-гексагидро-5H-хромено[4,3-d]пиримидин-5-онов на основании данных ЯМР <sup>1</sup>H- спектроскопии.

Чтобы понять динамику образования и накопления диастереомеров, был проведен мониторинг реакции, с использованием в качестве модельного синтеза конденсации дигидропиримидина **1** с резорцином **2** (схема 1). Выбор хлорзамещенного производного был сделан на том основании, что это соединение всегда выделялось в виде одного (4*R*\*,4*aS*\*,10*bR*\*)-диастереомера, а (4*R*\*,4*aS*\*,10*bS*\*)-диастереомер фиксировался лишь в следовых количествах.

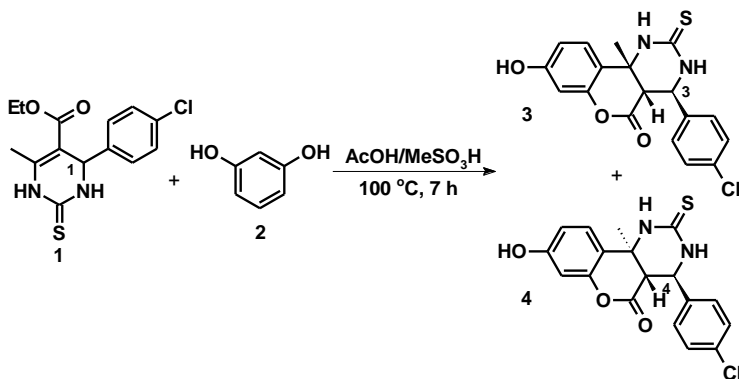


Схема 1

После растворения исходных соединений пробы реакционной смеси отбирались через 0,5-1 ч и обрабатывались только водой, без дальнейшей очистки образующегося осадка. Анализ продуктов реакции с использованием ЯМР <sup>1</sup>H-спектроскопии показал, что наблюдались сигналы исходного пиримидинтиона **1** и соответствующих диастереомеров **3** и **4** (рис. 1).

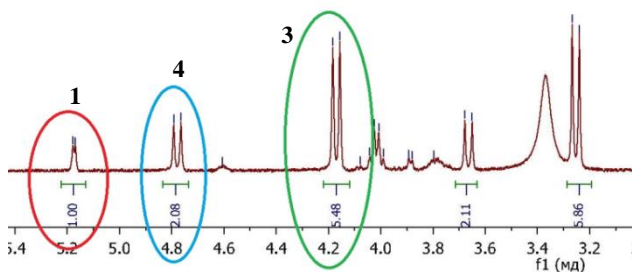


Рис. 1. Фрагмент спектра ЯМР  $^1\text{H}$

В качестве маркерного сигнала был выбран сигнал атома водорода (дублет при 5.17 м.д.) при ароматическом заместителе исходного дигидропиримидинтиона **1**, интеграл которого приравнялся к единице, и относительно него определялось содержание диастереомеров **3** и **4**. Было обнаружено, что соотношение диастереомеров **3/4** численно равно три к одному. Эта зависимость сохранялась в течение длительного времени без значительных изменений (рис. 2).

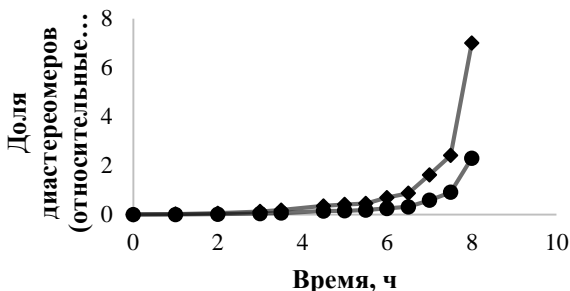


Рис. 2. График накопления диастереомеров **3** и **4**

Несмотря на разную динамику накопления продуктов, выделить в чистом виде диастереомер **4** так и не получилось из-за его хорошей растворимости в большинстве растворителей. При этом, когда реакция проводилась с другими заместителями (менее растворимые соединения), с увеличением времени синтеза удалось зафиксировать и второй диастереомер в виде примеси до 20-40%. Вероятно, имеет место общая зависимость образования диастереомеров с резорциновым фрагментом ( $4R^*,4aS^*,10bR^*$ )/( $4R^*,4aS^*,10bS^*$ ) в соотношении 3:1.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. An efficient multicomponent synthesis and in vitro anticancer activity of dihydro-pyranochromene and chromenopyrimidine-2,5-diones / M.R. Bhosle, D.B. Wahul, G.M. Bondle [et al.] // *Synth. Commun.* 2018. Vol. 48. P. 2046-2060.
2. A Condensation of Biginelli Products with 1,3-Benzenediols: a Facile Access to Diastereomerically Pure Hexahydro-5*H*-chromeno[4,3-*d*]pyrimidin-5-ones / S.I. Filimonov, Zh.V. Chirkova, M.V. Kabanova [et al.] // *ChemistrySelect.* 2019. Vol. 4. P. 9550-9555.

## **КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ФИТИНОВОЙ КИСЛОТЫ В СЕМЕНАХ ЛЬНА, СОИ И ОВСА**

**А.Р. Прокопцева, Л.И. Бутенко**

Научный руководитель - **Л.И. Бутенко**, канд. хим. наук, доцент

Пятигорский медико-фармацевтический институт,  
филиал ФГБОУ ВО ВолгГМУ

*Установлено количественное содержание фитиновой кислоты и элементного состава в базовых продуктах питания вегетарианцев семенях льна, овса и сои.*

**Ключевые слова:** фитиновая кислота, семена льна, семена сои, семена овса, элементный состав.

## **QUANTITATIVE DETERMINATION OF PHYTIC ACID CONTENT IN FLAX, SOY AND OAT SEEDS**

**A.R. Prokoptseva, L.I. Butenko**

Scientific Supervisor – **L.I. Butenko**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute,  
a branch of Volgograd State Medical University

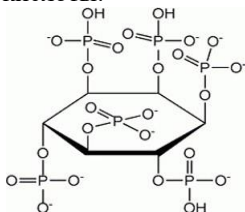
*Studies of phytinophic acid in flax, soy and oat seeds. The quantitative content of phytic acid and elemental composition in the basic food products of vegetarians, flax seeds, oats and soy, was established.*

**Keywords:** phytic acid, flax seeds, soy seeds, oat seeds, elemental composition.

В настоящее время в современной литературе приводится много противоречивой информации о пользе и вреде фитиновой кислоты [1 - 11]. С одной стороны, некоторые оппоненты считают, что фитаты препятствуют усвоению минералов, содержащихся в продуктах питания растительного происхождения, тем самым ограничивая поступление питательных веществ в наш организм. С другой стороны, фитиновая кислота обладает особенными свойствами, которые помогут человечеству в борьбе с таким заболеванием как рак [11 - 16]. И уже этот один большой плюс дает фитиновой кислоте право на полноценное

существование в медицинской литературе. Изучение свойств фитиновой кислоты и продуктов её содержащих является актуальной и интересной темой.

**Фитиновая кислота** (мио-инозитгексафосфорная кислота) –  $C_6H_{18}O_{24}P_6$ , молекулярная масса – 660,04 г/моль – сложный эфир циклического шестиатомного полиспирта мио-инозитола и шести остатков ортофосфорной кислоты.



Фитиновая кислота – это белый аморфный порошок с ярко выраженным вкусом и слабым запахом. В промышленности фитиновая кислота (E-391) используется в качестве пищевой добавки, которая относится к группе антиоксидантов и выполняет технологическую функцию флокулянта (очистителя) и осветлителя продуктов.

В фармакологии данная кислота является промежуточным веществом в синтезе определенных лекарственных препаратов, которые помогают при болезнях нервной системы и печени.

Общее содержание фосфора в растительных объектах приходится на фитиновую кислоту. Более всего фитатов содержится в злаковых, бобовых и масличных культурах. Продукт, которому отдают предпочтение все адепты здорового питания- отруби – отмечен, как один из самых богатых по содержанию фитинов.

Целью нашего исследования является определение содержания фитатов и элементного состава в базовых продуктах питания вегетарианцев семенах льна, овса и сои, а также установление их антиоксидантной активности.

#### *Получение экстракта фитиновой кислоты*

Семена льна, овса и сои куплены в магазине «Семена» г. Пятигорска.

Семена, овса и сои измельчали до порошкообразного состояния в фарфоровой ступке. Около 10 г (точная навеска) измельченных семян помещали в колбу вместимостью 500 мл, добавляли 200 мл разбавленной хлористоводородной кислоты (концентрация 2,4 %). Указанную смесь перемешивали стеклянной палочкой до гомогенного состояния и оставляли при комнатной температуре на 24 ч. Раствор фильтровали через бумажный фильтр, фильтрат использовали для дальнейших исследований.

#### *Качественные реакции:*

Реактив Вэйда. Раствор А – готовят растворением 0,32 г сульфосалициловой кислоты в 100 мл воды.

Раствор Б – готовят растворением 0,03 г  $FeCl_3 \cdot 6 H_2O$  в 100 мл воды.

Реактив Вэйда: это смесь раствора А с раствором Б в соотношении 1:1 по объёму. В результате 1 мл реагента содержал 0,2 ммоль железа. Реактив Вэйда используют только свежеприготовленным.

К 1 мл свежеприготовленного реактива Вэйда розово- фиолетового цвета приливаем 3 мл исследуемых экстрактов. При наличии в экстракте фитиновой кислоты раствор обесцвечивался.

Все пробы дали положительный результат.

Для количественного определения фитиновой кислоты и её солей в пищевых продуктах использовали метод прямого количественного анализа фитатов. Установлено, что предварительная очистка экстрактов, содержащих фитиновую кислоту, не требуется. «Не было никакой разницы между результатами анализа с использованием сырых экстрактов и результатами анализа с использованием очищенных экстрактов» [17].

Метод основан на экстракции фитатов из семян раствором соляной кислоты ( $w = 2,4\%$ ) Далее количественное содержание фитиновой кислоты определяли по изменению оптической плотности ( $\lambda = 510$  нм) окрашенных комплексов фитиновой кислоты с ионами железа (III).

**Количественное определение:** Содержание фитатов в семенах основано на способности фитиновой кислоты связывать ионы металлов, вытесняя их из окрашенных комплексов. В результате их окраска ослабевает. По сравнению оптической плотности холостого опыта и исследуемых экстрактов можно определить количественное содержание фитиновой кислоты [1].

**Определение оптической плотности холостого опыта** (А хол.): 10 мл дистиллированной воды добавляют к 30 мл свежеприготовленного реактива Вэйда (соотношение 1:3) и интенсивно перемешивают. Измерение проводят против воды на спектрофотометре при длине волны 510 нм, в 1 см<sup>3</sup> кварцевой кювете.

**Определение оптической плотности полученных экстрактов исследуемых семян** (А экс): Измерение проводят против воды на спектрофотометре при длине волны 510 нм, в 1 см<sup>3</sup> кварцевой кювете.

Расчетный фактор содержания железа, связанного в окрашенном комплексе  $F$  равен 2,9547.

$$F = \frac{\sum C}{\sum A} = 2.9547.$$

Содержание инозитгексафосфорной кислоты (ИГФК) в сырье рассчитывали по формуле

$$\% \text{ ИГФК} = \frac{(A_{\text{хол}} - A_{\text{экс}}) \cdot 2,9547 \cdot V_p \cdot 100}{V_{\text{ал}} \cdot g},$$

где  $A_{\text{хол}}$  - оптическая плотность холостого опыта;

$A_{\text{экс}}$  - оптическая плотность исследуемых экстрактов;

2,9547 – коэффициент пересчета (МмИГФК: Ат. М .4 Fe );

$V_p$ - объем 2,4%-ного раствора хлороводородной кислоты, взятый для экстракции инозитгексафосфорной кислоты из сырья, мл;

$V_{\text{ал}}$  - аликвотный объем экстракта, мл;

$g$  - навеска сырья, мг.

В результате поведенных исследований установлено содержание фитатов в семенах сои –  $0,725 \pm 0,030$  %, семенах овса –  $1,576 \pm 0,379$  %, семенах льна –  $2,327 \pm 0,149$  %.

Определение элементного состава проводили на пламенном фотометре ДФС-8-1 методом испарения.

Так как объектами наших исследований являются семена, которые можно рассматривать как пищевые продукты, то дополнительно исследовали элементный состав семян льна. Именно в семенах льна содержание фитиновой кислоты максимально.

**Таблица 1. Содержание микро- и макроэлементов в семенах льна**

Элементы	Содержание, %	Элементы	Содержание, %
Cu (медь)	30	Ti (титан)	30
Cr (хром)	3	Li (литий)	5
Zn (цинк)	100	B (бор)	50
Co (кобальт)	1	Ba (барий)	100
Mo (молибден)	2	P (фосфор)	10
Mn (марганец)	80	Ca (кальций)	5
Ag (серебро)	0,3	Mg (магний)	10
Pb (висмут)	0.3	K (калий)	20
Sn (олово)	0.4	Si (кремний)	0,3
W (вольфрам)	≤1	Na (натрий)	2
Ni (никель)	3	Fe (железо)	0,5
Cd (кадмий)	≤1	Al (алюминий)	0,06

Как видно из таблицы 1, содержание фосфора преобладает в семенах льна. Кроме того, семена льна богаты такими микроэлементами, как цинк – обеспечивающий здоровое состояние зубов и кожи, бор – участвующий в образовании костной ткани, марганец – ответственный за полноценность репродуктивной функции у женщин и медь – нормализующая иммунитет и работу эндокринной системы.

**Вывод:** в результате поведенных исследований определено содержание фитатов в семенах сои –  $0,725 \pm 0,030$  %, семенах овса –  $1,576 \pm 0,379$  %, семенах льна –  $2,327 \pm 0,149$  %.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Таишенов Р.С.* Разработка методики количественного определения инозитгексафосфорной кислоты / Южно-Казахстанская гос. мед. академия, Казахстан, Шымкент. URL: [rusnauka.com>13\\_NPT\\_2008/Chimia/31861.doc.htm](http://rusnauka.com>13_NPT_2008/Chimia/31861.doc.htm)
2. *Armah S.M.* Association between Phytate Intake and C-Reactive Protein Concentration among People with Overweight or Obesity: A Cross-Sectional Study Using NHANES

2009/2010 // Int J Environ Res Public Health. 2019 2 мая; 16 (9). Pii: E1549. DOI: 10.3390 / ijerph16091549.

3. A phytic acid derived LiMn<sub>0.5</sub>Fe<sub>0.5</sub>PO<sub>4</sub>/Carbon composite of high energy density for lithium rechargeable batteries / Meng Y, Wang Y, Zhang Z, Chen X, Guo Y, Xiao D. // Sci Rep. 2019 апр. 30; 9(1): 6665. DOI: 10.1038/s41598-019-43140-7.

4. Zinc and Manganese of serum were negatively, but Copper positively influenced by Iron elevation in diet of male Wistar rats / A. Zolfaghari, H.R. Gheisari, A. Omidi, S. Nazifi // Int. J. Vitam. Nutr. Res. 2019. апр 30: 1-8. DOI: 10.1024/0300-9831/a000456.

5. Zinc and Manganese of serum were negatively, but Copper positively influenced by Iron elevation in diet of male Wistar rats / M. Jiang, Y. Liu, Y. Liu, Y. Tan, J. Huang, Q. Shu // Plants (Basel). 2019. апр 29; 8(5). Pii: E114. DOI: 10.3390/plants8050114.

6. *Verni M.* Fermentation Biotechnology Applied to Cereal Industry By-Products: Nutritional and Functional Insights / M. Verni, C.G. Rizzello, R. Coda // Front. Nutr. 2019. апр 12; 6:42. DOI: 10.3389/fnut.2019.00042.

7. Antibacterial Effects of Phytic Acid against Foodborne Pathogens and Investigation of Its Mode of Action / Q.I. Zhou, Y.U. Zhao, H. Dang, Y. Tang, B. Zhang // J. Food Prot. 2019. май; 82(5). P. 826-833. DOI: 10.4315/0362-028X.JFP-18-418.

8. Reduction of phytic acid, aflatoxins and other mycotoxins in wheat during germination / S. Pakfetrat, S. Amiri, M. Radi, E. Abedi, L. Torri // J. Sci Food Agric. 2019. 25 марта. DOI: 10.1002/jsfa.9710.

9. Wheat Fermentation With *Enterococcus mundtii* QAUUSD01 and *Wickerhamomycesanomalus* QAUWA03 Consortia Induces Concurrent Gliadin and Phytic Acid Degradation and Inhibits Gliadin Toxicity in Caco-2 Monolayers / H.A. Sakandar, S. Kubow, B. Azadi, R. Faryal, B. Ali, S. Ghazanfar, U.M. Quraishi, M. Imran // Front Microbiol. 2019 Feb 12; 9:3312. DOI: 10.3389/fmicb.2018.03312.

10. Phytic acid content and starch properties of maize (*Zea mays* L.): Effects of irrigation process and nitrogen fertilizer / M. Kaplan, K. Karaman, Y.M. Kardes, H. Kale // Food Chem. 2019 Jun 15; 283. P. 375-380. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.01.029.

11. Effects of household cooking processes on mineral, vitamin B, and phytic acid contents and mineral bioaccessibility in rice / K Liu, J Zheng, X Wang, F. Chen // Food Chem. 2019. 15 мая; 280. P. 59-64. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.12.053

12. Anti-cancer activity of the cell membrane-permeable phytic acid prodrug / T. Masunaga, N. Murao, H. Tateishi, R. Koga, T. Ohsugi, M. Otsuka, M. Fujita // Bioorg Chem. 2019. Nov; 92:103240. DOI: 10.1016/j.bioorg.2019.103240. Epub 2019 Sep 4.

13. *Fox C.H.* Phytic acid (IP6), novel broad spectrum anti-neoplastic agent: a systematic review / C.H. Fox, M. Eberl // Complement Ther Med. 2002. Dec; 10(4). P. 229-234. DOI: 10.1016/s0965-2299(02)00092

14. Effect of phytic acid and inositol on the proliferation and apoptosis of cells derived from colorectal carcinoma / Л. Шрегерова, П. Хаскова, Е. Рудольф, М. Червинка // Oncol Rep. 2010. Mar; 23(3). P. 787-793.

15. Pro-apoptotic effect of rice bran inositol hexaphosphate (IP6) on HT-29 colorectal cancer cells / N.H. Shafie, N.M. Esa, H. Ithnin, N. Saad, A.K. Pandurangan // Int J Mol Sci. 2013. Dec 2; 14(12). P. 23545-2358. DOI: 10.3390/ijms141223545.

16. *Shamsuddin A.M.* Inositol hexaphosphate (IP6), a naturally occurring polyphosphorylated carbohydrate, has shown a significant anti-cancer effect in various in vivo and in vitro models, including breast cancer / A.M. Shamsuddin, G.Y. Yang, I. Vucenic // Anticancer Res. 1996. Nov-Dec; 16(6A). P. 3287-3292.

17. *Vaintraub I.* Colorimetric determination of phytate in unpurified extracts of seeds and the products of their processing / I. Vaintraub, N. Lapteva // *Analytical biochemistry*. 1988. Vol. 175. Iss. 1. P. 227-230.

**МОДИФИЦИРОВАННЫЙ СИНТЕЗ ЗАМЕЩЕННЫХ  
ИЗОИНДОЛ-1,3-ДИОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ПЕРЕГРУППИРОВКИ ШМИДТА**

**А.И. Сальникова, В.П. Завражнова, Е.С. Макарова,  
С.И. Филимонов**

Научный руководитель – **С.И. Филимонов**, д-р хим. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*Разработан метод получения функциональных производных изоиндол-1,3-дионов на основе 5-нитро-4-фенацилфталонитрилов с использованием перегруппировки Шмидта.*

***Ключевые слова:** 5-нитро-4-фенацилфталонитрилы, серная кислота, перегруппировка Шмидта, изоиндол-1,3-дионы.*

**MODIFIED SYNTHESIS OF SUBSTITUTED IZOINDOLE-1,3-  
DIONES WITH THE USE OF SCHMIDT OVERLOADING**

**A.I. Salnikova, V.P. Zavrazhnova, E.S. Makarova,  
S.I. Filimonov**

Scientific Supervisor – **S.I. Filimonov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*A modified method for the preparation of functional derivatives of isoindole-1,3-diones based on 5-nitro-4-phenacylphthalonitriles using the Schmidt rearrangement has been developed.*

***Keywords:** 5-nitro-4-phenacylphthalonitriles, sulfuric acid, Schmidt rearrangement, isoindole-1,3-diones.*

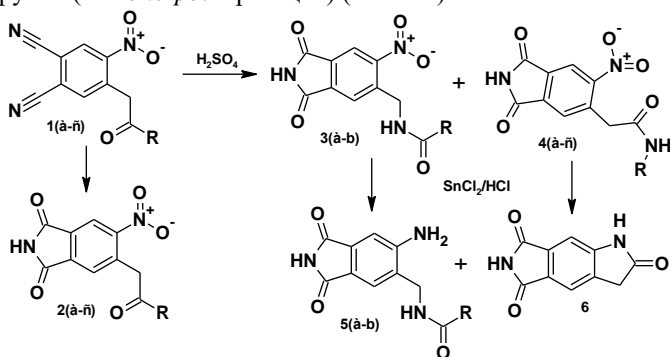
Перегруппировка Шмидта кетонов под действием азидоводородной кислоты является широко известной реакцией, в результате которой в качестве основных продуктов образуются различные, в некоторых случаях изомерные, амиды. Эта реакция находит применение как в органическом синтезе, так и в получении природных соединений. Тем не менее, она не использовалась для перегруппировок кетонов с изоиндол-1,3-дионовым или фталонитрильным



фрагментами. Согласно литературным данным, замещенные изоиндол-1,3-дионы или фталимиды могут использоваться как лекарственные препараты, ингибиторы некоторых ферментов, которые могут применяться в терапии различных форм рака, болезни Альцгеймера и разнообразных форм депрессий, а также как противовоспалительные средства [1].

Целью нашей работы является разработка метода получения замещенных изоиндол-1,3-дионов с амидным фрагментом перегруппировкой Шмидта с использованием серной кислоты. Ранее нами был разработан аналогичный метод на основе полифосфорной кислоты (ПФК) [2]. Замена ПФК серной кислотой является технологически более привлекательной, с точки зрения снижения себестоимости целевых продуктов.

Для получения целевых продуктов ранее синтезированные 5-нитро-4-фенацилфтало-нитрилы **1(a-c)** и 5-нитро-4-фенацилизоиндол-1,3-дионы **2(a-c)** вводили в реакцию с двухмольным избытком азидата натрия в присутствии 70%-ной  $H_2SO_4$ . В данном случае перегруппировка Шмидта осуществлялась при температуре 80-100 °С. При этом, одновременно происходил гидролиз двух цианогрупп до имида и неселективная перегруппировка Шмидта по карбоксильной группе (т.н. *one-pot* – реакция) (схема 1).



**1-5:** R = a –  $C_6H_5$ ; b –  $4-MeC_6H_4$ ; c –  $4-MeOC_6H_4$

Схема 1

Преобладающее образование амида **4** (более 95%) происходило только в случае – R =  $4-MeOC_6H_4$ . С другими заместителями независимо от условий образовывались два изомерных амида. Стоит отметить, что температура реакции не оказывала существенного влияния на соотношение изомеров. Реакцию можно было бы разделить на две стадии: гидролиз, а затем перегруппировка Шмидта изоиндол-1,3-дионов **2(a-c)** в тех же условиях. Такой метод не влияет на соотношение изомерных продуктов, однако значительно снижает общий выход синтеза.

Было установлено, что замена ПФК на серную кислоту существенно не влияет на состав и выход продуктов **3** и **4**. Однако было отмечено, что проведение реакции при температуре выше 100 °С приводит к образованию до 10-20% продуктов гидролиза до дикарбоновых кислот наряду с соответствующими изоиндол-1,3-дионом **3** и **4**.

Разделение смеси амидов **3** и **4**, изомерных по положению, оказалось нетривиальной задачей. Несмотря на это, после восстановления смеси продуктов хлоридом олова в присутствии соляной кислоты, наблюдалось образование аминов **5** и пирроло[3,4-*f*]индол-2,5,7-(1*H*,3*H*,6*H*)-триона **6**. Данные соединения в свою очередь легко разделяются кристаллизацией из спирта, т.к. соединение **6** в нем мало растворимо. Образование пирролоиндола **6** при восстановлении амидов **4(a-c)** предположительно связано с тем, что в условиях реакции протекает внутримолекулярное переаминирование и элиминирование ароматического амина.

Строение всех синтезированных соединений подтверждено совокупностью данных ИК-, ЯМР-спектроскопий и масс-спектрометрией, а также РСА для соединения **5a**.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Prototyping kinase inhibitor-cytotoxin anticancer mutual prodrugs activated by tumour hypoxia: A chemical proof of concept study / G.N. Sansoma, N.S. Kirka, Ch.P. Guise [et. al] // Bioorg. Med. Chem. Lett. 2019. Vol. 29. P. 1215-1219.
2. Синтез замещенных изоиндол-1,3-дионов с амидным фрагментом с использованием перегруппировки Шмидта / П.В. Сластикина, Ж.В. Чиркова, М.В. Кабанова [и др.] // Изв. Академии наук. Сер. химическая. 2020. №. 12. С. 2378-2382.

## СИНТЕЗ 1,2-ЭПОКСИЦИКЛООКТАНА НА ОСНОВЕ ЖИДКОФАЗНОГО ОКИСЛЕНИЯ ЦИКЛООКТАНА МОЛЕКУЛЯРНЫМ КИСЛОРОДОМ

**Д.Р. Шангареев, Е.Д. Зарубина, Т.Н. Антонова**

Научный руководитель – **Т.Н. Антонова**, д-р хим. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Изучен процесс получения 1,2-эпоксидциклооктана, включающий стадию гидрирования 1,5-циклооктадиена в циклооктен и последующее его прямое окисление в целевой эпоксид молекулярным кислородом в присутствии каталитической системы с активной регулирующей функцией. Показан высокий выход эпоксиды на превращенный циклооктен (82-88% мол.) при его конверсии 12-15%.*

**Ключевые слова:** 1,2-эпоксидциклооктан, 1,5-циклооктадиен, жидкофазное гидрирование, циклооктен, окисление молекулярным кислородом.

## SYNTHESIS OF 1,2-EPOXYCYCLOOCTANE ON THE BASIS OF LIQUID-PHASE OXIDATION OF CYCLOOCTANE WITH MOLECULAR OXYGEN

**D.R. Shangareev, E.D. Zarubina, T.N. Antonova**

Scientific Supervisor – **T.N. Antonova**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The process of obtaining 1,2-epoxycyclooctane, including the stage of hydrogenation of 1,5-cyclooctadiene to cyclooctene and its direct oxidation to the target epoxide with molecular oxygen in the presence of a catalytic system with an active regulatory function has been studied. A high yield of epoxide per converted cyclooctene (82-88 mol%) at its conversion of 12-15% is shown.*

**Keywords:** 1,2-epoxycyclooctane, 1,5-cyclooctadiene, liquid-phase hydrogenation, cyclooctene, oxidation with molecular oxygen.

В последние годы возрос интерес к совершенствованию существующих методов получения эпоксидов олефинов. Внимание исследователей привлекают наиболее простые методы, не требующие использования органических гидропероксидов в качестве окисляющих агентов. Особенно привлекательным

методом является метод прямого окисления олефинов, где в качестве окисляющего агента применяется молекулярный кислород – наиболее дешевый и доступный окислитель. Известно, что метод прямого окисления олефинов молекулярным кислородом применяется в химической технологии для получения крупнотоннажного продукта – эпоксида этилена.

В литературе имеются указания и на возможность получения этим методом эпоксидов циклоолефинов, в частности, циклогексена и циклооктена. Однако, как указывают авторы ряда работ [1], выход эпоксида циклогексена в результате прямого окисления молекулярным кислородом, в том числе с использованием ряда катализаторов, не может превышать 50% мол., и этот выход теоретически обоснован. В то же время выход эпоксида циклооктена - циклоолефина со средним размером цикла, имеющего отличительные особенности в своей конформации - составляет 65-70% мол. [2]. В настоящей работе рассмотрена возможность увеличения выхода эпоксида циклооктена с использованием циклооктадиена в качестве сырьевого источника на основе жидкофазного окисления циклооктена молекулярным кислородом.

В настоящее время циклооктен получают путем гидрирования циклооктадиена в паровой фазе с использованием гранулированных катализаторов на основе палладия (1,8% Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Этот циклоолефин имеет самостоятельное применение, и ряд зарубежных фирм использует его для получения трансполиоктеномера с торговым названием «Вестенамер 8012» и «Вестенамер 6213» [3].

Нами для получения циклооктена предложен иной процесс [4], а именно жидкофазное гидрирование циклооктадиена с использованием тонкодисперсного 1% Pd/C, суспендированного в жидкой фазе.

Тонкие композитные слои аморфный углерод – палладий обеспечивают nano-размерность частиц металла (20–900 нм), и как следствие высокую его активность и селективность образования целевого циклооктена. В этом случае жидкофазный процесс гидрирования проводится при атмосферном давлении, умеренных температурах и без предварительной активации катализатора в реакторе, моделирующем реактор идеального смешения, где реализуется кинетический режим протекания реакции. Подобный процесс экономичен и удобен для дальнейшей практической реализации.

Установлено, что прямое окисление циклооктена молекулярным кислородом в эпоксид в присутствии ряда инициаторов, то есть инициированное окисление, в жидкой фазе действительно обеспечивает выход эпоксида на превращенный циклооктен свыше 60% мол.

Процесс инициированного окисления, как показано ранее [5] и подтверждено нами, протекает по радикально-цепному механизму. В этом механизме реакция продолжения цепи (реакция 2) имеет два возможных направления (1 и 2), но только одно из них приводит к получению эпоксида.

Для повышения выхода эпоксида становится целесообразным ограничить или исключить протекание процесса окисления циклооктена по направлению 1 (рис. 1, реакция 2).

Для этой цели в настоящей работе предложено использовать каталитическую систему с выраженной регулирующей функцией.

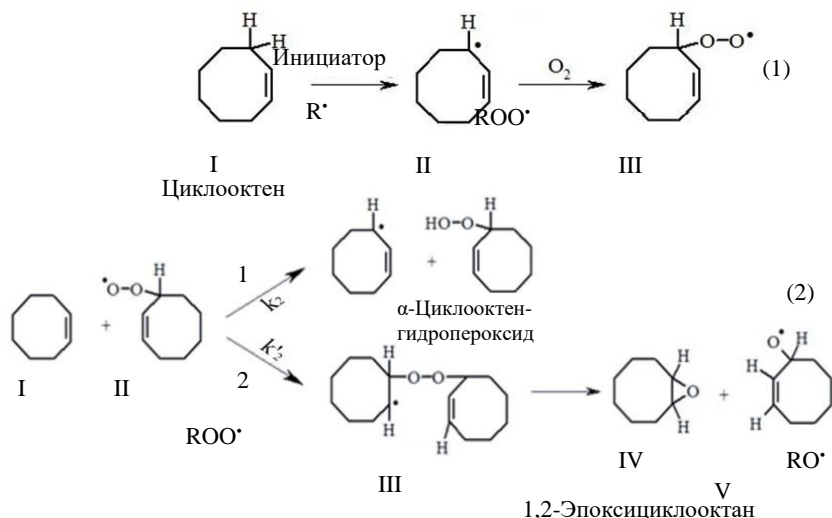


Рис. 1

Нами установлено, что использование соединений молибдена в качестве основного компонента каталитической системы позволяет увеличить содержание эпоксида в продуктах окисления примерно в 1,5 раза и таким образом повысить выход эпоксида на превращенный циклооктен до 88% мол.

По видимому, молибден, находясь в высшей степени окисления, является активным комплексообразователем, и, прежде всего, из двух направлений реакции 2 обеспечивает протекание второго направления, то есть циклоприсоединение радикала  $\text{RO}_2^*$  к циклооктену и препятствует его участию в направлении 1. Высокий выход эпоксида обеспечивается также участием радикала  $\text{RO}^*$  в радикально-цепном окислении циклооктена.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крылов И.А. Кинетика и механизм жидкофазного окисления циклогексена. III. Совместный катализ соединениями кобальта и молибдена / Крылов И.А., Литвинцев И.Ю., Сапунов В.Н. // Кинетика и катализ. 1983. Т.24, №1. С. 47-52.
2. Филиппова Т.В. Механизм эпоксидирования олефинов молекулярным кислородом / Т.В. Филиппова, Э.А. Блюмберг // Успехи химии. 1982. Т.51, № 6. С. 1017-1033.

3. Кристаллические полиолефины. Сб. моногр. ст. / под ред. Р.А. Раффа и К.В. Дака. М.: Химия, 1970. 472 с.
4. Селективное каталитическое гидрирование алициклических диенов водородом в жидкой фазе / М.В. Бермешев, Т.Н. Антонова, Д.Р. Шангареев, А.С. Данилова, Н.А. Пожарская // Нефтехимия. 2018. Т.58, № 5. С.580-587.
5. Рубайло В.Л. Жидкофазное окисление непредельных соединений / В.Л. Рубайло, С.А. Маслов. М.: Химия, 1989. 224 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФфуЗИОННОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ОБОЛОЧЕК КАПСУЛИРОВАННЫХ УДОБРЕНИЙ

**Р.Д. Мысов, А.А. Липин**

Научный руководитель – **А.А. Липин**, канд. тех. наук, доцент

Ивановский государственный химико-технологический университет

*Представлены результаты экспериментальных исследований диффузионной проницаемости материалов оболочек капсулированных минеральных удобрений. Установлено влияние толщины покрытия и вида удобрения на коэффициент проницаемости оболочки.*

**Ключевые слова:** «умные» удобрения, капсулированные удобрения, диффузия, проницаемость.

## RESEARCH OF DIFFUSION PERMEABILITY OF CAPSULATED FERTILIZER SHELLS

**R.D. Mysov, A.A. Lipin**

Scientific Supervisor – **A.A. Lipin**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Ivanovo State University of Chemistry and Technology

*The results of experimental studies of diffusion permeability of materials used for film coatings of controlled-release fertilizers are presented. The effect of the film thickness and fertilizer type on permeability coefficient was determined.*

**Keywords:** controlled release fertilizer (CRF), “smart” fertilizer, diffusion, permeability.

Удобрения с контролируемым высвобождением питательных веществ (англ. Controlled release fertilizer, CRF) – это удобрения, которые высвобождает активные питательные вещества контролируемым, замедленным образом синхронно с потребностями растений в них. Применение таких удобрений повышает эффективность использования питательных веществ растениями и способствуют повышению урожайности [1]. CRF-удобрения получают путем капсулирования обычных промышленных удобрений. Капсулирование – это физико-химический или механический процесс заключения мелких частиц вещества в оболочку из пленкообразующего материала. Выбор материалов для по-

лучения оболочки является определяющим фактором при производстве капсулированных удобрений, от которого зависят их свойства: продолжительность действия, биоразлагаемость, прочность и др.

Растворенное ядро капсулированной гранулы диффундирует в почву через пленку оболочки. Диффузионная проницаемость пленки определяет эффект пролонгированного действия капсулы. Поэтому выбор материалов оболочки и изучение их свойств является актуальной задачей.

В данной работе для выбора материала оболочки капсулированных минеральных удобрений проводились эксперименты по формированию пленок из разных водных дисперсий акриловых и стирол-акриловых полимеров. Наилучшим образом показала себя пленка, полученная из эмульсии марки «Primal». Эта пленка получилась гибкой, прочной, поэтому в дальнейшем были выполнены эксперименты по изучению её диффузионной проницаемости. Эксперименты проводились на лабораторной установке, состоящей из двух емкостей, разделенных устройством для закрепления пленки (рис. 1). Рабочая поверхность пленки представляла собой окружность диаметром 28 мм. Верхняя камера заполнялась дистиллированной водой, а нижняя – водным раствором минерального удобрения. Применялись растворы карбамида с концентрацией 18-20% мас. и растворы азофоски с концентрацией 9% мас. С определенной периодичностью производилось измерение концентрации вещества в верхней камере рефрактометрическим методом.



**Рис. 1. Схема установки для определения диффузионной проницаемости пленки:**  
1 – емкость с водой, 2 – пленка из выбранного материала, 3 – устройство для закрепления пленки, 4 – емкость с раствором

Коэффициент диффузионной проницаемости пленки определяли по уравнению (1):

$$P_d = \frac{C_2 \cdot V_2 \cdot \delta}{(C_1 - C_2) \cdot S \cdot \tau} \quad (1)$$

где  $P_d$  – коэффициент диффузионной проницаемости,  $m^2/c$ ;

$C_1$  – концентрация растворенного вещества в исходном растворе;

$C_2$  – концентрация растворенного вещества, перешедшего через мембрану;

$V_2$  – объем исследуемого раствора;

$\delta$  – толщина пленки, мм;

$S$  – рабочая площадь пленки;

$\tau$  – время, с.



Сравнивая коэффициенты диффузии растворов азофоски через пленку разной толщины, можно сделать вывод, что с уменьшением толщины пленки коэффициент диффузии увеличивается. Такая же зависимость наблюдается при диффузии раствора карбамида. Сравнивая коэффициенты диффузии растворов карбамида и азофоски через пленки одинаковой толщиной, можно сделать вывод, что коэффициент диффузии карбамида в 6,3 раза больше коэффициента диффузии азофоски (табл. 1).

**Таблица 1. Коэффициенты диффузионной проницаемости**

Вид удобрения	Толщина пленки, мм	$D \cdot 10^{11}$ , м <sup>2</sup> /с
Карбамид	0,5	0,792
Карбамид	0,35	9,24
Азофоска	0,5	0,133
Азофоска	0,35	1,54

Таким образом, в работе проведен поиск материалов оболочки для капсулирования гранул минеральных удобрений, в результате которого выбрана акриловая эмульсия марки «Primal». Исследована диффузионная проницаемость оболочек из выбранного материала. В качестве модельных растворов использовались водные растворы карбамида и азофоски. Установлена зависимость коэффициента диффузионной проницаемости от толщины оболочки и вида капсулируемого удобрения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Липин А.Г.* Капсулирование гранул в полимерные оболочки как метод создания минеральных удобрений с регулируемой скоростью высвобождения питательных веществ / А.Г. Липин, В.О. Небукин, А.А. Липин // Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение. 2017. №3(51). С. 86-91.

## **ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА РЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕРМОАГРЕССИВО- СТОЙКОЙ РЕЗИНЫ**

**А.А. Иванова, Н.А. Семенова, Н.И. Кольцов**

Научный руководитель – **Н.И. Кольцов**, д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

*Исследовано влияние технологических добавок (ЦД-12, Z-50, Z-60, структол WB-222) на реометрические свойства резиновой смеси на основе каучуков Тербан 3406 и СКН 4055.*

*Ключевые слова:* резина, бутадиен-нитрильный и гидрированный бутадиен-нитрильный каучуки, технологические добавки, реометрические свойства.

## **THE INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL ADDITIVES ON RHEOMETRIC PROPERTIES OF HEAT- AND AGGRESSIVE-RESISTANT RUBBER**

**A.A. Ivanova, N.A. Semenova, N.I. Kol'tsov**

Scientific Supervisor – **N.I. Kol'tsov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

I.N. Ulyanov Chuvash State University

*The influence of technological additives (CD-12, Z-50, Z-60, WB-222 structol) on rheometric properties of the rubber mixture based on Terban 3406 and SKN 4055 caoutchoucs was investigated.*

*Keywords:* rubber, nitrile butadiene and hydrogenated nitrile butadiene caoutchoucs, technological additives, rheometric properties.

В настоящее время потребность в термоагрессивостойких резинотехнических изделиях, выдерживающих жесткие условия эксплуатации, достаточно высока. Для этих целей используются резины на основе бутадиен-нитрильных (БНК) и гидрированных бутадиен-нитрильных (ГБНК) каучуков [1]. Для регулирования и повышения эксплуатационных свойств в резиновые смеси вводятся технологические добавки [2]. В связи с этим нами исследовано влияние технологических добавок на реометрические свойства резины на основе кау-

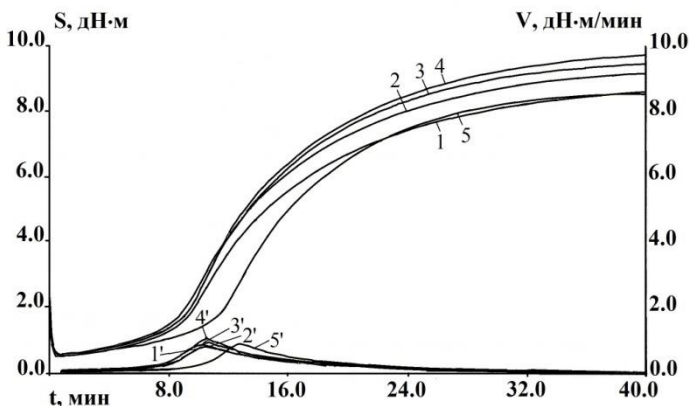
чуков Terban 3406 и СКН 4055. Резиновая смесь содержала: вулканизирующие агенты – N,N'-дитиодиморфолин, сульфенамид Ц; Лурегох F40 P, тиурам Д; противостаритель – диафен ФП; наполнители – магнизию жжёную, технический углерод марок Т900 и П514; пластификаторы – олигоэфиракрилаты ТГМ-3, МГФ-9 и другие ингредиенты в определенных количествах. Резиновая смесь изготавливалась путём смешения ингредиентов на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160. Первый вариант резиновой смеси не содержал ТД. Второго, третьего, четвертого и пятого варианты содержали соответственно по 2,00 мас. ч. ТД ЦД-12, Z-50, Z-60 и структола WB-222 (табл. 1).

**Таблица 1. Варианты и свойства резиновой смеси**

Ингредиенты, показатели	Варианты				
	1	2	3	4	5
ЦД-12, мас. ч.	-	2,00	-	-	-
Z-50, мас. ч.	-	-	2,00	-	-
Z-60, мас. ч.	-	-	-	2,00	-
Структол WB-222, мас. ч.	-	-	-	-	2,00
Реометрические показатели резиновой смеси при 150°C					
$S_{max}$ , дН·м	8,73	9,31	9,60	9,89	8,67
$S_{min}$ , дН·м	0,67	0,76	0,77	0,75	0,76
$t_s$ , мин	10,33	9,83	10,11	10,09	12,43
$t_{90}$ , мин	27,01	26,22	25,82	26,33	25,86
$V_{max}$ , дН·м/мин	1,56	1,67	1,78	1,11	0,67
<i>Примечание:</i> $S_{max}$ – максимальный крутящий момент; $S_{min}$ – минимальный крутящий момент; $t_s$ – время начала вулканизации; $t_{90}$ – оптимальное время вулканизации, $V_{max}$ – максимальная скорость вулканизации.					

Реометрические показатели резиновой смеси исследовали на реометре MDR 3000 Basic при 150 °C в течение 40 мин. На рис. 1 приведены полученные реометрические кривые.

Реометрические показатели, определенные на основе рисунка, приведены в таблице. Исходя из данных таблицы, введение структола WB-222 в резиновую смесь приводит к уменьшению максимального крутящего момента и максимальной скорости вулканизации.



**Рис. 1. Реометрические свойства резиновой смеси (номера кривых соответствуют номерам вариантов):**  
 1-5 – зависимости крутящего момента от времени;  
 1'-5' – зависимости скорости вулканизации от времени

Согласно [3], степень химического сшивания резиновой смеси пропорциональна разности максимального и минимального её крутящих моментов. Эта разность достигает наименьшее значение для пятого варианта резиновой смеси со структолом WB-222 и наибольшее значение для четвертого варианта резиновой смеси, содержащего ТД Z-60, что позволяет сделать заключение о том, что и вулканизаты четвертого варианта резиновой смеси будут обладать более высокими физико-механическими свойствами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Спиридонов И.С. Влияние гидрированных бутадиен-нитрильных каучуков на свойства резины для уплотнительных элементов / И.С. Спиридонов, Н.Ф. Ушмарин, С.И. Сандалов, Н.И. Кольцов // Бутлеровские сообщения. 2017. Т. 50, № 4. С. 45-49.
2. Исследование влияния технологических добавок на свойства резин на основе БНК нового поколения. Часть 1 / Н.И. Кольцов, Н.Ф. Ушмарин, А.Е. Петров, Н.П. Петрова, Н.Н. Петрова, С.М. Верхунов // Бутлеровские сообщения. 2010. Т. 19, № 2. С. 79-86.
3. Влияние нефтешлама на свойства резиновых смесей и резин на основе бутадиенстирольного каучука / О.Ю. Соловьева, Н.Л. Гурылёва, С.Д. Тимрот, Т.А. Коротаева // Изв. вузов. Химия и хим. технол. 2012. Т. 55, № 9. С. 77-80.

## СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ АМИНОСИЛОКСАНОВ

**К.Ю. Иванова, А.В. Лукин, М.В. Кузьмин, Н.И. Кольцов**

Научный руководитель – **Н.И. Кольцов**, д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

*Взаимодействием 3-аминопропилтриэтоксисилана с моноэтаноломином синтезированы аminosилоксаны. Показано, что полученные соединения могут быть использованы в качестве промоторов адгезии и для улучшения физико-механических свойств эпоксидных компаундов.*

**Ключевые слова:** аminosилоксаны, моноэтаноламин, 3-аминопропилтриэтоксисилан, промоторы адгезии, эпоксидные компаунды.

## SYNTHESIS AND RESEARCH OF AMINOSILOXANES

**K.Yu. Ivanova, A.V. Lukin, M.V. Kuzmin, N.I. Kol'tsov**

Scientific Supervisor – **N.I. Kol'tsov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

I.N. Ulyanov Chuvash State University

*Aminosiloxanes were synthesized by the interaction of 3-aminopropyltriethoxy-silane with monoethanolamine. It is shown that the resulting compounds can be used as adhesion promoters and to improve the physical-mechanical properties of epoxy compounds.*

**Keywords:** aminosiloxanes, monoethanolamine, 3-aminopropyltriethoxysilane, adhesion promoters, epoxy compounds.

Модернизация заливочных композиций для электротехнической отрасли диктует необходимость создания и применения новых эффективных модификаторов, обеспечивающих прочную адгезию этих композиций к армирующим материалам из алюминиевых сплавов, эксплуатируемых в экстремальных природных условиях [1, 2]. Для обеспечения надежной защиты изделий необходимо прочное адгезионное взаимодействие полимерных композиций с поверхностью металла. Благодаря высокой адгезии эпоксидной композиции к металлу, удается существенно снизить активность протекания в изделиях разрушающих процессов [3, 4]. В связи с этим нами были синтезированы кремнийорганические соединения – аminosилоксаны,

которые позволят повысить адгезионную прочность эпоксиаминных покрытий к алюминиевым поверхностям.

Аминосилоксаны получали взаимодействием 3-аминопропилтриэтоксисилан (АГМ-9) с моноэтаноломином при различных мольных соотношениях. Для этого в колбу Арбузова загружали рассчитанное количество реагентов и нагревали полученную смесь в токе азота. Реакция начинается в гетерогенной фазе, при достижении определенной температуры происходит гомогенизация реакционной смеси (например, при соотношении 1:4, температура гомогенизации смеси 104 °С). При дальнейшем повышении температуры начинается отгонка этилового спирта. Медленно повышая температуру, отгоняли 80-90% этанола от теоретически рассчитанного количества. Далее реакцию проводили при пониженном давлении 10-20 мм рт.ст. до прекращения выделения спирта. За ходом реакции велся гравиметрический контроль и проводилось измерение показателя преломления реакционной смеси. В результате были получены три аминосилоксана: 3-аминопропил-(2-аминоэтокси)-диэтоксисилан (I); 3-аминопропил-ди-(2-аминоэтокси)этоксисилан (II); 3-аминопропил-три(2-аминоэтокси)силан (III), строение которых была доказано методами ИК- и ЯМР-спектроскопии. Полученные аминосилоксаны вводились в эпоксиановую смолу ЭД-22, которую отверждали изофорондиамином на поверхности алюминия при температуре 80 °С в течение 4 часов. Для отвержденных композиций определяли прочность их крепления к алюминию (табл. 1).

**Таблица 1. Прочность при отрыве содержащей аминосилоксаны отвержденной композиции смолы ЭД-22 к алюминию**

Состав композиции		σ, МПа
Компоненты	мас. ч.	
Эпоксидная смола ЭД-22	100	9,40
Изофорондиамин	60	
Эпоксидная смола ЭД-22	100	9,72
Изофорондиамин	60	
3-аминопропил-(2-аминоэтокси)диэтоксисилан (I)	1	
Эпоксидная смола ЭД-22	100	9,79
Изофорондиамин	60	
3-аминопропил-ди-(2-аминоэтокси)этоксисилан (II)	1	
Эпоксидная смола ЭД-22	100	9,89
Изофорондиамин	60	
3-аминопропил-три-(2-аминоэтокси)силан (III)	1	

Из таблицы 1 следует, что при ведении аминосилоксанов значения прочности при отрыве отвержденной смолы ЭД-22 к алюминию повышаются. Наибольшую прочность при отрыве имеет отвержденная композиция, содержащая 3-аминопропил-три-(2-аминоэтокси)силан (III), который за счет наличия четырех концевых аминогрупп обладает высокой комплексообразующей

способностью с алюминием, повышая адгезию композиции к металлу.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ (№ 20-33-90269).*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каблов Е.Н.* Ключевая проблема – материалы // Тенденции и ориентиры инновационного развития России. М.: ВИАМ, 2015. С. 458-464.
2. *Каблов Е.Н.* Роль химии в создании материалов нового поколения для сложных технических систем // Тез. докл. XX Менделеевского съезда по общей и прикладной химии. УрО РАН. 2016. С. 25-26.
3. Основные направления повышения эксплуатационных, технологических и экологических характеристик лакокрасочных покрытий для авиационной техники / Э.К. Кондратов, В.А. Кузнецова, Л.В. Семенова, Т.А. Лебедева // Российский химический журн. 2010. Т. LIV, № 1. С. 96-102.
4. Современный подход к повышению качества литых заготовок и высокоэффективные препараты для обработки расплавов на основе алюминия / С.П. Задруцкий, С.П. Королев, Б.М. Немененко, А.Г. Шешко, В.М. Михайловский // Литьё и металлургия. 2005. № 1. С. 105-112.

## **ВЛИЯНИЕ НЕФТЕПОЛИМЕРНЫХ СМОЛ НА СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИИ КАУЧУКОВ**

**Н.И. Ильина, М.А. Капитонова, Н.И. Кольцов**

Научный руководитель – **Н.И. Кольцов**, д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

*Исследовано влияние нефтеполимерных смол на физико-механические и эксплуатационные свойства резины на основе каучуков SKN 4055, SKMS-30ARKM и SKI-3.*

**Ключевые слова:** резина, бутадиен-нитрильный, метилстирольный и изопреновый каучуки, пластификаторы, нефтеполимерные смолы, физико-механические свойства.

## **EFFECT OF PETROLEUM POLYMER RESINS ON THE PROPERTIES OF RUBBER BASED ON A COMBINATION OF CAOUTCHOUCS**

**N.I. Ilyina, M.A. Kapitonova, N.I. Kol'tsov,**

Scientific Supervisor – **N.I. Kol'tsov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

I.N. Ulyanov Chuvash State University

*The influence of petroleum polymer resins on the physical-mechanical and operational properties of rubber based on caoutchoucs SKN 4055, SKMS-30ARKM and SKI-3 was studied.*

**Keywords:** rubber, nitrile butadiene, methyl styrene and isoprene rubbers, plasticizers, petroleum polymer resins, physico-mechanical properties.

Известно, что пластификаторы вводятся в резины для повышения их пластичности и эластичности. Применение пластификаторов является одним из наиболее доступных способов изменения свойств резиновых смесей и резин [1]. Пластификаторы способствуют более равномерному распределению ингредиентов в резиновых смесях, уменьшают разогревание при смешении и тем самым предотвращают преждевременную вулканизацию, уменьшают усадку резиновых смесей, улучшают формование при каландровании и шприцевании, а также при вулканизации в формах. Пластификаторы также снижают условное напряжение при заданном удлинении и твердость, увеличивают относительное удлинение при разрыве, благодаря чему становится возможным веде-



ние большого количества наполнителей в резиновые смеси. В качестве пластификаторов обычно применяют смесь индивидуальных органических веществ, каждое из которых имеет свое специфическое действие и используется в количестве от 2 до 6% от массы каучуков. В резиновых смесях пластификаторами, как правило, служат сложные эфиры фталевой и себациновой кислот [2]. В резинах для повышения эластичности и морозостойкости используют также канифоль [3]. Роль пластификаторов выполняют и нефтеполимерные смолы, которые улучшают технологические свойства и клейкость резиновых смесей [4]. В связи с этим нами исследована возможность использования нефтеполимерных смол в резиновой смеси, применяемой для изготовления подошв резиновой обуви.

Исследуемая резиновая смесь включала каучуки СКН-4055, СКМС-30 АРК, СКИ-3. Кроме того, в неё входили: сера, стеарин, цинковые и титановые белила, 2-меркаптобензтиазол, технический углерод N 220 и другие ингредиенты. В таблице 1 приведены варианты резиновой смеси, в которых проводилась замена канифоли на смолу нефтеполимерную Арилен New и смолу углеводородную СМПласт.

**Таблица 1. Варианты и свойства вулканизатов резиновой смеси**

Ингредиенты и показатели	Варианты		
	1	2	3
Канифоль, мас. ч.	6,00	-	-
Смола нефтеполимерная Арилен New, мас. ч.	-	6,00	-
Смола углеводородная СМПласт, мас. ч.	-	-	6,00
Физико-механические показатели вулканизатов (150 °С x 20 мин)			
$f_p$ , МПа	9,81	8,00	7,55
$\varepsilon_p$ , %	720	600	600
$H$ , ед. Шор А	62	67	65
$H$ , ед. ИСО	60	65	63
$E$ , %	16	16	18
$B$ , кН/м	59	32	26
$\alpha$ , %	2,21	1,38	1,97
ТПХ, °С	-45	-45	-45
Изменение свойств вулканизатов после старения на воздухе (100 °С x 24 ч)			
$\Delta f_p$ , %	-23,0	-11,2	-9,0
$\Delta \varepsilon_p$ , %	-30,5	-21,6	-23,3
$\Delta H$ , ед. ИСО	+1	+1	+1
Изменение массы вулканизатов после старения в бензине (23 °С x 24 ч)			
$\Delta m$ , %	+22,4	+22,2	+22,0
Изменение массы вулканизатов после старения в индустриальном масле И-20А (23 °С x 24 ч)			
$\Delta m$ , %	+1,2	+0,9	+1,5
<i>Примечание:</i> $f_p$ – условная прочность при растяжении; $\varepsilon_p$ – относительное удлинение при разрыве; $H$ – твердость; $E$ – эластичность по отскоку; $B$ – сопротивление раздиру; $\alpha$ – истираемость; ТПХ – температурный предел хрупкости; $\Delta f_p$ , $\Delta \varepsilon_p$ , $\Delta m$ – относительное изменение условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и массы; $\Delta H$ – разность твердостей резины после и до выдержки в агрессивной среде.			

Первый вариант резиновой смеси содержал канифоль. Во втором и третьем вариантах канифоль заменяли на смолу нефтеполимерную Арилен New и смолу углеводородную СМПласт, содержание которых составляло 6,00 мас. ч. на 100,00 мас. ч. каучуков. Приведенные в таблице варианты резиновой смеси готовились на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 при температуре 70-80 °С в течение 15 мин. Для определения физико-механических свойств готовились вулканизаты, путем вулканизации резиновой смеси в вулканизационном прессе Р-V-100-3RT-2-PCD при 150 °С в течение 20 мин. Для полученных вулканизатов определялись физико-механические свойства и их изменение после старения на воздухе при 100 °С в течение 24 ч, в бензине и индустриальном масле И-20А при 23 °С в течение 24 ч.

Из данных таблицы 1 видно, что замена канифоли на смолу нефтеполимерную Арилен New и смолу углеводородную СМПласт приводит к уменьшению условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве, сопротивления раздиру и истираемости вулканизатов в пределах допустимых норм. При этом наблюдается возрастание твердости при сохранении эластичности и значения ТПХ. Таким образом, замена канифоли на нефтеполимерные смолы позволяет повысить износостойкость резины при сохранении её морозостойкости и понижении физико-механических свойств в пределах допустимых норм. Исследования эксплуатационных свойств вулканизатов показывают, что вулканизаты 2 и 3 вариантов резиновой смеси характеризуется меньшими изменениями физико-механических свойств после суточной выдержки на воздухе, чем вулканизат 1 варианта. При этом все три вулканизата обладают практически одинаковыми изменениями твердости после старения на воздухе и изменениями массы после выдержки в бензине и индустриальном масле И-20А.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Марк Дж.* Каучук и резина. Наука и технологии / Дж. Марк, Б. Эрман, Ф. Эйрич. Долгопрудный: Изд. дом «Интеллект», 2011. 768 с.
2. *Дик Дж.С.* Технология резины: рецептуростроение и испытание. СПб: Изд-во «Нот», 2010. 620 с.
3. Влияние модифицированной канифоли на свойства эластомерных композиций / А.Ф. Пучков, А.О. Мазаева, И.И. Боброва, О.А. Шилина // Изв. Волгоградского госуд. техн. ун-та. 2014. № 7(134). С. 158-160.
4. Повысители клейкости на основе нефтеполимерных смол в резиновых смесях / Ж.С. Шашок, С.А. Перфильева, Н.Р. Прокопчук, Е.П. Усс, А.И. Юсевич, К.И. Трусов // Труды БГТУ. Сер. 2. Химические технологии, биотехнология, геоэкология. 2019. № 2(223). С. 53-69.

## **ВЛИЯНИЕ *ТРАНС*-ПОЛИНОРБОРНЕНА НА СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ ДЛЯ РЕЛЬСОВЫХ ПРОКЛАДОК**

**К.В. Карпеев, Е.Н. Егоров, Н.И. Кольцов**

Научный руководитель – **Н.И. Кольцов**, д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

*Исследовано влияние транс-полинорборнена на физико-механические, эксплуатационные и динамические свойства резины на основе каучуков общего назначения для рельсовых прокладок.*

***Ключевые слова:** транс-полинорборнен, каучуки, резина, физико-механические и динамические свойства.*

## **THE INFLUENCE OF *TRANS*-POLYNORBORNENE ON THE PROPERTIES OF RUBBER MIXTURE FOR RAILWAY GASKETS**

**K.V. Karpeev, E.N. Egorov, N.I. Kol'tsov**

Scientific Supervisor – **N.I. Kol'tsov**, Doctor of Chemical Sciences, Professor

I.N. Ulyanov Chuvash State University

*The effect of trans-polynorbornene on the physical and mechanical, operational and dynamic properties of rubber based on general purpose caoutchoucs for railway gaskets has been investigated.*

***Keywords:** trans-polynorbornene, caoutchoucs, rubber, physical and mechanical and dynamic properties.*

В настоящее время актуальной проблемой является обеспечение звуко- и виброзащиты рельсовых прокладок железнодорожных путей. Для решения этой проблемы применяются полимеры направленного действия, одним из которых является *транс*-полинорборнен (ТПНБ) [1, 2]. В связи с этим целью данной работы являлось изучение влияния ТПНБ на физико-механические, эксплуатационные и динамические показатели резины на основе каучуков общего назначения. Изучаемая резиновая смесь содержала изопреновый СКИ-3, бутадиен-метилстирольный СКМС-30АРК и бутадиеновый СКД каучуки, серу, N,N'-дитиодиморфолин, сульфенамид Ц, белила цинковые, стеариновая кислота, ацетонанил Н, технический углерод N 220, масло индустриальное И-12А и другие ингредиенты. Непосредственное введение порошкообразного ТПНБ в

резиновую смесь не представляется возможным из-за его плохого совмещения с каучуковой матрицей. Поэтому была разработана каучукоподобная смесь (КС) ТПНБ с маслом индустриальным И-12А при их массовом соотношении 1:1. В дальнейшем КС вводили в исследуемую резиновую смесь в дозировках от 15,0 до 55,0 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучуков (см. таблицу). Резиновую смесь готовили на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 при температуре валков вальцов 60-70 °С, цикле смешения 15 мин. Стандартные образцы всех вариантов резиновой смеси для определения физико-механических показателей вулканизовали при температуре 143 °С в течение 20 мин в вулканизационном прессе типа Р-V-100-3RT-2-PCD. Основные характеристики вулканизатов определяли согласно действующим в резиновой промышленности стандартам. Динамические параметры (модуль упругости, тангенс угла механических потерь) вулканизатов различных вариантов резиновой смеси изучались при комнатной температуре на динамическом механическом анализаторе Metravib VHF 104 в диапазоне частот 100-3000 Гц. Результаты исследований приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Варианты и свойства вулканизатов резиновой смеси**

Ингредиент, показатель	Варианты				
	1	2	3	4	5
Композиция КС, мас. ч.	–	15,0	25,0	40,0	55,0
Масло индустриальное И-12А, мас. ч.	12,5	–	–	–	–
Физико-механические свойства вулканизатов (режим вулканизации 143 °С×20 мин)					
$f_{100}$ , МПа	9,4	9,1	8,1	6,5	6,3
$f_p$ , МПа	18,7	18,3	17,3	16,7	16,0
$\epsilon_p$ , %	370	320	400	440	460
$H$ , ед. Шор А	76	81	77	75	70
$B$ , кН·м <sup>-1</sup>	39	48	51	41	38
ОДС при 30% сжатии (100°С×24 ч), %	36,1	35,5	37,0	41,4	44,7
$\alpha$ , м <sup>3</sup> ·ТДж <sup>-1</sup>	53,1	52,2	54,7	57,6	59,4
Изменение свойств вулканизатов после старения на воздухе при 100 °С в течение 24 ч					
$\Delta f_p$ , %	-18,3	-13,2	-11,5	-10,8	-6,8
$\Delta \epsilon_p$ , %	-41,7	-37,5	-35,4	-34,1	-32,9
$\Delta H$ , ед. Шор А	+4	+3	+2	+2	+1
Динамические параметры вулканизатов при 1000 Гц					
$E \cdot 10^{-7}$ , Па	6,48	8,59	8,41	7,02	4,03
$\text{tg} \delta$	0,106	0,116	0,166	0,226	0,231
<i>Примечание:</i> $f_{100}$ – условное напряжение при 100%-ном удлинении; $f_p$ – условная прочность при растяжении; $\epsilon_p$ – относительное удлинение при разрыве; $H$ – твердость; $B$ – сопротивление раздиру; ОДС – относительная остаточная статическая деформация сжатия; $\alpha$ – истираемость; $\Delta f_p$ , $\Delta \epsilon_p$ , $\Delta t$ – относительное изменение условной прочности при растяжении, относительного удлинения при разрыве и массы; $\Delta H$ – разность твердостей резины после и до выдержки в агрессивной среде; $E$ – модуль упругости; $\text{tg} \delta$ – тангенс угла механических потерь.					

Из данных таблицы 1 видно, что вулканизаты, содержащие композицию КС, обладают меньшими значениями условного напряжения при 100%-ном удлинении, условной прочности при растяжении, твердости и сопротивления раздиру по сравнению с вулканизатом базового варианта резиновой смеси.

При этом происходит возрастание показателей относительного удлинения при разрыве, относительной остаточной статической деформации сжатия (ОДС) и истираемости вулканизатов. Это связано с уменьшением вязкости резиновой смеси при увеличении содержания в ней композиции КС.

В дальнейшем нами исследовались эксплуатационные свойства – изменения физико-механических показателей и твердости вулканизатов после старения на воздухе при температуре 100 °С в течение 24 ч. Результаты этих исследований свидетельствуют, что увеличение содержания композиции КС в резиновой смеси приводит к уменьшению упруго-прочностных свойств и твердости вулканизатов после суточного термического старения на воздухе.

Исследования динамических характеристик показывают, что увеличение содержания композиции КС в резиновой смеси способствует возрастанию тангенса угла механических потерь и убыванию модуля упругости вулканизатов. Причем, для третьего варианта по сравнению с первым вариантом резиновой смеси, содержащих одинаковое количество масла индустриального И-12А (12,5 мас. ч. на 100,0 мас. ч. каучуков), значение тангенса угла механических потерь в 1,57 раза больше. По-видимому, это связано с содержанием ТПНБ в составе композиции КС. Наибольшим значением тангенса угла механических потерь обладает вулканизат пятого варианта резиновой смеси, содержащий максимальное количество ТПНБ. Известно [3], что с возрастанием тангенса угла механических потерь полимерных материалов увеличиваются их звуко- и вибропоглощающие свойства.

Таким образом, резина, содержащая 55,0 мас. ч. композиции КС на 100,0 мас. ч. каучуков, характеризуется стабильными физико-механическими показателями и наименьшими их изменениями после суточного термического старения на воздухе, обладает лучшими звуко- и вибропоглощающими свойствами и может быть использована в качестве основы для изготовления прокладок рельсовых скреплений железнодорожных путей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование свойств резины для подрельсовых прокладок // Тез. докл. XXV юбилейной науч.-практ. конф. «Резиновая промышленность. Сырье. Материалы. Технологии» / Е.Н. Егоров, Н.Ф. Ушмарин, С.И. Сандалов, Н.И. Кольцов. М.: ООО «Научно-исследовательский центр «НИИШП», 2020. С. 142-144.
2. Исследование эксплуатационных и динамических свойств резины для изделий, работающих в морской воде / Е.Н. Егоров, Н.Ф. Ушмарин, С.И. Сандалов, Н.И. Кольцов // Изв. вузов. Химия и хим. технол. 2020. Т. 63, № 11. С. 96-102.
3. *Волоцкой А.Н.* Исследование тангенса угла механических потерь и прочности вибропоглощающих материалов на основе этиленвинилацетата, модифицированных каучуками / А.Н. Волоцкой, Ю.В. Юркин, В.В. Авдонин // Инженерный вестник Дона. 2019. №8(59). С. 35.

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ  
КРЕМНИЙУРЕТАНСОДЕРЖАЩИХ ОЛИГОМЕРОВ  
НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕТИЛФЕНИЛСИЛОКСАНА  
И ДИИЗОЦИАНАТОВ**

**А.А. Кириллов, Д.Ю. Елисеев, М.В. Кузьмин, Н.И. Кольцов**

Научный руководитель – **Н.И. Кольцов**, д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

*Взаимодействием полиметилфенилсилоксана с диизоцианатами синтезированы кремнийуретансодержащие олигомеры. В качестве диизоцианатов использовались толулендиизоцианат, изофорондиизоцианат и гексаметилендиизоцианат. Синтез кремнийуретансодержащих олигомеров проводили в среде инертного растворителя. Контроль за ходом реакции осуществляли методом ИК-спектроскопии. Структуры полученных олигомеров подтверждены методами ИК- и ЯМР-спектроскопии.*

**Ключевые слова:** полиметилфенилсилоксан, диизоцианаты, синтез, кремнийуретансодержащие олигомеры.

**SYNTHESIS AND RESEARCH  
OF SILICON-POLYURETHANE-CONTAINING OLIGOMERS  
BASED ON ON POLYMETHYLPHENYLSILOXANE  
AND DIISOCYANATES**

**A.A. Kirillov, D.Yu. Yeliseyev, M.V. Kuz'min, N.I. Kol'tsov**

Scientific Supervisor – **N.I. Kol'tsov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

I.N. Ulyanov Chuvash State University

*Siliconurethane-containing oligomers were synthesized by the interaction of polymethylphenylsiloxane with diisocyanates. Toluene diisocyanate, isophorone diisocyanate and hexamethylene diisocyanate were used as diisocyanates. The synthesis of silicon urethane-containing oligomers was carried out in an inert solvent. The reaction progress was monitored by gas chromatography. The structures of the obtained oligomers were confirmed by IR and NMR spectroscopy data.*

**Keywords:** polymethylphenylsiloxane, diisocyanates synthesis, silicon-urethane-containing oligomers.

Современный рынок лакокрасочных материалов диктует высокие требования по термостойкости к защитным покрытиям. Повышенной термостойкостью обладают кремнийорганические лаки - растворы кремнийорганических олигомеров (пленкообразователей) в растворителях. В качестве пленкообразователей в основном используются олигоорганосилаксаны разветвленной и циклолинейной структуры с молекулярной массой 1000–2000 г/моль (полиметилфенилсилоксаны, реже полиметил-, полифенил- и полиэтилфенилсилоксаны), а также олигоорганосилаксаны и полиэлементоорганосилоксаны [1], содержащие концевые ОН- и алкоксильные группы [2].

Из-за низкой молекулярной массы термостойких пленкообразователей полимерное покрытие обладает повышенной хрупкостью и недостаточной стойкостью к механическим воздействиям. Данная проблема решается введением в рецептуру лакокрасочных материалов дорогостоящих пластификаторов с молекулярной массой более 60000 г/моль [3]. Это дает возможность повысить физико-механические свойства термостойких лакокрасочных материалов [4]. Однако при этом не всегда удается достичь нужной эластичности полученных покрытий. В связи с этим для получения термостойких пленкообразователей с повышенной молекулярной массой нами путем взаимодействия полиметилфенилсилоксана с диизоцианатами различного строения (толуилендиизоцианатом, изофарондиизоцианатом и гексаметилендиизоцианатом) синтезированы кремнийуретансодержащие олигомеры. Синтез олигомеров проводили следующим образом. В трехгорлую колбу, снабженную термометром, отводом для вакуума, мешалкой с гидрозатвором через загрузочную воронку загружали расчетное количество полиметилфенилсилаксана и ортоксилора. При включенной мешалке добавляли расчетное количество диизоцианата. После 20-минутного перемешивания при температуре 20 °С осуществляли вакуумную отгонку избыточного растворителя. В дальнейшем при температуре 50-80 °С в течение 180 мин при постоянном перемешивании реакционной массы проводили процесс. Контроль над ходом реакции вели методами газовой хроматографии и ИК- спектроскопии по исчезновению полосы поглощения изоцианатной группы в области 2270 см<sup>-1</sup>.

В результате были синтезированы три кремнийуретансодержащих олигомера, структура которых была подтверждена методами ИК- и ЯМР-спектроскопии. В дальнейшем полученные олигомеры будут использованы в качестве пленкообразователей термостойких лакокрасочных материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 2223979 РФ. Способ получения полифенилсилаксановой смолы: заявл. 25.07.2002; опубл. 20.02.2004.
2. Влияние природы концевых групп на структуру и свойства олигосилесквиоксанов /

В.В. Шевченко, М.А. Гуменная, А.В. Шевчук, Ю.П. Гомза, Н.С. Клименко, В.В. Бойчук // *Высокомолекулярные соединения. Серия Б.* 2009. Т. 51, № 2. С. 337-346.

3. *Конторов А.М.* Олигометилфенилсилоксаны и метилфенилсилоксановые смолы: получение, применение, композиции / А.М. Конторов, А.Ю. Глушенко // *Бутлеровские сообщения.* 2020. Т. 62, № 6. С. 7-19.

4. ГОСТ Р 51691-2008. Материалы лакокрасочные. Эмали. Общие технические условия.



## **ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТА НА СВОЙСТВА РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ КАУЧУКОВ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**К.А. Коннова, Е.Н. Егоров, Н.И. Кольцов**

Научный руководитель – **Н.И. Кольцов**, д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

*Исследовано влияние термоэластопласта на свойства резины на основе каучуков общего назначения.*

***Ключевые слова:** резина, каучуки общего назначения, термоэластопласт, физико-механические свойства.*

## **THE INFLUENCE OF THERMOPLASTIC ELASTOMER FOR THE PROPERTIES OF RUBBER BASED ON CAOUTCHOUCS OF GENERAL PURPOSE**

**K.A. Konnova, E.N. Egorov, N.I. Kol'tsov**

Scientific Supervisor – **N.I. Kol'tsov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

I.N. Ulyanov Chuvash State University

*The influence of thermoplastic elastomer on the properties of rubber based on general purpose caoutchoucs has been investigated.*

***Keywords:** rubber, caoutchoucs of general purpose, thermoplastic elastomer, physical-mechanical properties.*

Известно, что технологические добавки способствуют улучшению технологичности резиновых смесей и повышению физико-механических показателей вулканизатов [1, 2]. В работе [3] показано, что в качестве технологических добавок можно использовать термоэластопласты (ТЭП). В связи с этим нами исследовано влияние термоэластопласта марки ТЭП FabFlex 118-60 VI S на физико-механические свойства резины на основе комбинации бутадиен-метилстирольного (СКМС-30АРК), изопренового (СКИ-3) и бутадиенового (СКД) каучуков, которая используется для изготовления рельсовых прокладок. ТЭП FabFlex 118-60 VI S представляет собой многокомпонентную композицию на основе полипропилена, содержащую блок-сополимер стирол-этилен-бутилен-стирол с твердостью 60 ед. Шор А,

показателем текучести расплава 25 г/10 мин, температурой размягчения по Вика не выше 108 °С, плотностью 1,18 г/см<sup>3</sup>. В таблице 1 приведены варианты резиновой смеси с различным количеством ТЭП FabFlex 118-60 BI S.

**Таблица 1. Варианты и свойства резиновой смеси и вулканизатов**

ТЭП и показатели	Варианты				
	1	2	3	4	5
FabFlex 118-60 BI S, мас. ч.	-	15,0	25,0	40,0	55,0
Физико-химические свойства вулканизатов (150 °С×20 мин)					
$f_{100}$ , МПа	7,8	9,0	7,3	6,9	5,8
$f_p$ , МПа	16,4	18,8	17,5	17,2	16,5
$\epsilon_p$ , %	400	420	440	460	620
$H$ , ед. Шор А	80	74	73	71	70
$B$ , кН/м	30	46	47	51	60
ОДС (100°С×24 ч) при 30% сжатии, %	30,8	30,1	29,4	28,7	27,5
$\alpha$ , м <sup>3</sup> /ГДж	47,9	49,6	51,8	53,7	56,4
Изменение физико-механических свойств вулканизатов резиновой смеси после старения на воздухе (100 °С×24 ч)					
$\Delta f_p$ , %	-12,9	-24,7	-21,1	-25,6	-
$\Delta \epsilon_p$ , %	-25,0	-52,4	-52,3	-69,6	-
$\Delta H$ , ед. Шор А	1	6	7	4	7
Изменение физико-механических свойств вулканизатов резиновой смеси после воздействия СЖР-1 (100 °С×24 ч)					
$\Delta f_p$ , %	-61,5	-48,9	-44,6	-40,1	-48,5
$\Delta \epsilon_p$ , %	-75,0	-28,6	-54,5	-13,0	-51,6
$\Delta H$ , ед. Шор	-19,0	-12,0	-7,0	-9,0	-10
<i>Примечание:</i> $f_p$ – условная прочность при растяжении; $\epsilon_p$ – относительное удлинение при разрыве; $f_{100}$ – условное напряжение при 100%-ном растяжении; $H$ – твёрдость; $B$ – сопротивление раздиру; ОДС – остаточная деформация сжатия; $\alpha$ – истираемость; $\Delta f_p$ и $\Delta \epsilon_p$ – относительное изменение условной прочности при растяжении и относительного удлинения при разрыве; $\Delta H$ – изменение твердости.					

Резиновую смесь готовили путем смешения каучука с ингредиентами на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160. Стандартные образцы резиновой смеси вулканизовали при температуре 150 °С в течение 20 мин в вулканизационном прессе типа P-V-200-3RT-2-PCD. Свойства вулканизатов различных вариантов резиновой смеси приведены в таблице. Из приведенных данных следует, что вулканизат резиновой смеси, содержащий 15,0 мас. ч. ТЭП FabFlex 118-60 BI S

(вариант 2), обладает наибольшими значениями условной прочности при растяжении и условным напряжением при 100%-ном растяжении. С увеличением содержания ТЭП происходит изменение физико-химических свойств вулканизатов резиновой смеси: увеличение относительного удлинения при разрыве, сопротивления раздиру и истирания, уменьшение твердости и остаточной деформации сжатия (ОДС) при 30% сжатии. При этом также наблюдается изменение физико-механических свойств вулканизатов после их тепловой выдержки на воздухе и в СЖР-1. Причем, большее изменение физико-механических свойств вулканизатов происходит после выдержки в СЖР-1. Введение в резиновую смесь ТЭП FabFlex 118-60 VI S способствует увеличению изменений физико-механических свойств вулканизатов после тепловой выдержки на воздухе и их уменьшению после воздействия СЖР-1.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование влияния технологических добавок на свойства резин на основе эпихлоргидриновых и пропиленоксидных каучуков / М.С. Резников, Н.Ф. Ушмарин, Е.Н. Егоров, С.И. Сандалов // Каучук и резина. 2016. № 1. С. 18-21.
2. Влияние технологических добавок на свойства резины на основе бутадиен-нитрильного каучука / И.С. Спиридонов, Ушмарин, Е.Н. Егоров, С.И. Сандалов, Н.И. Кольцов // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2017. Т. 60, вып. 10. С. 53-57.
3. *Егоров Е.Н.* Влияние термоэластопластов на свойства резин / Е.Н. Егоров, Н.Ф. Ушмарин, Н.И. Кольцов // XVIII Междунар. конф. по химии и физикохимии олигомеров «Олигомеры-2019». Нижний Новгород, 16-21 сентября 2019: сб. тр. Москва-Нижний Новгород-Черноголовка. 2019. Т. 2. С. 100.

## **ВЛИЯНИЕ ZEOSIL 1165MP НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ**

**С.И. Осипова, Н.А. Семенова, Н.И. Кольцов**

Научный руководитель – **Н.И. Кольцов**, д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

*Исследовано влияние Zeosil 1165MP на пласто-эластические, реометрические свойства резиновой смеси на основе комбинации каучуков.*

**Ключевые слова:** Zeosil 1165MP, каучуки, резиновая смесь, пласто-эластические, реометрические свойства.

## **INFLUENCE OF SILICA 1165 ON TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF RUBBER MIXTURE**

**S.I. Osipova, N.A. Semenova, N.I. Kol'tsov**

Scientific Supervisor – **N.I. Kol'tsov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

I.N. Ulyanov Chuvash State University

*Influence of silica 1165 on the plasto-elastic and rheometric properties of a rubber mixture based on a combination of rubbers was investigated.*

**Keywords:** silica 1165, caouchoucs, rubber mixture, plasto-elastic, rheometric properties.

Известно, что резиновые изделия при сильных деформационных воздействиях разрушаются. Большинство таких изделий готовятся на основе резин, содержащих в качестве наполнителей каолин и разные марки технического углерода. Наряду с ними наполнителями материалов, подверженных механическому воздействию, служат кремнийсодержащие соединения. В связи с этим нами исследовано влияние на технологические свойства резиновой смеси на основе каучуков общего назначения замены каолина и технического углерода (ТУ) N 220 на кремнекислотный наполнитель Zeosil 1165MP. Основой исследуемой резиновой смеси с серной вулканизирующей системой служили синтетические бутадиен-метилстирольный СКМС-30АРК, изопреновый СКИ-3 и бутадиеновый СКД каучуки. В таблице 1 приведены варианты резиновой смеси, в которых производилась замена каолина и ТУ 220 на Zeosil 1165MP.

**Таблица 1. Варианты и технологические свойства резиновой смеси**

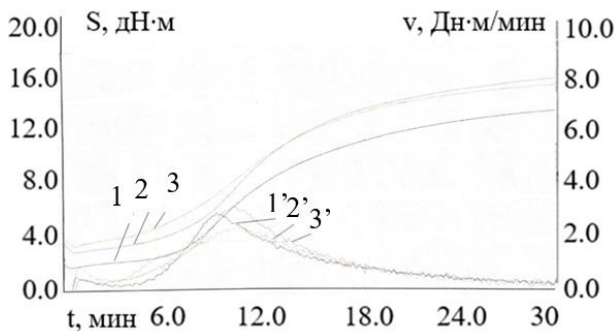
Ингредиенты и показатели	Варианты		
	1	2	3
Каолин, мас. ч.	20,00	-	-
ТУ 220, мас. ч.	60,00	60,00	50,00
Zeosil 1165MP, мас. ч.	-	20,00	30,00
Пласто-эластические показатели резиновой смеси при 120°C			
$M_{\max}$ , ед. Муни	22,96	27,13	26,34
$t_5$ , мин	0,05	0,06	0,06
$t_{35}$ , мин	14,49	13,89	13,31
Реометрические показатели резиновой смеси при 150°C			
$S_{\max}$ , дН·м	12,96	17,13	16,34
$S_{\min}$ , дН·м	3,44	5,42	6,17
$t_5$ , мин	0,05	0,06	0,06
$t_{90}$ , мин	14,49	13,89	13,31
<i>Примечание:</i> $M_{\max}$ – максимальная вязкость, $t_5$ и $t_{35}$ – времена начала и конца подвулканизации; $S_{\max}$ и $S_{\min}$ – максимальный и минимальный крутящие моменты; $t_5$ и $t_{90}$ – времена начала и оптимума вулканизации.			

Первый вариант резиновой смеси не содержал Zeosil 1165MP. Во втором и третьем вариантах каолин полностью заменялся Zeosil 1165MP, содержание которой составляло 20,00 и 30,00 мас. ч. Во всех трех вариантах резиновой смеси суммарное содержание каолина, ТУ N 220 и Zeosil 1165MP составляло 80,00 мас. ч. на 100,00 мас. ч. каучуков. Варианты резиновой смеси готовились на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 при температуре 70 °С в течение 30 мин. Пласто-эластические свойства резиновой смеси изучали на вискозиметре Муни MV 3000 Basic фирмы «Mon Tech» при 120 °С. На рис. 1 приведены полученные кривые.



**Рис. 1. Пласто-эластические свойства резиновой смеси**  
(номера кривых соответствуют номерам вариантов)

Реометрические свойства резиновой смеси изучали на реометре MDR 3000 Basic фирмы «Mon Tech» при 150 °С в течение 30 мин. На рис. 2 приведены полученные реометрические кривые.



**Рис. 2. Реометрические свойства резиновой смеси:**  
 1-3 – зависимости крутящего момента от времени;  
 1'-3' – зависимости скорости вулканизации от времени

На основании рис. 1 и 2 были определены пласто-эластические и реометрические свойства различных вариантов резиновой смеси, значения которых приведены в таблице. Как видно, добавление Zeosil 1165MP приводит к изменениям пласто-эластических показателей: увеличивается вязкость и уменьшается время конца подвулканизации резиновой смеси с сохранением времени её начала подвулканизации соответственно от 1 до 3 варианта. Реометрические показатели при добавлении Zeosil 1165MP тоже изменяются: возрастают максимальный и минимальный крутящие моменты при сохранении времен начала и оптимума вулканизации.

Таким образом, замена каолина и технического углерода N 220 на кремнекислотный наполнитель Zeosil 1165MP приводит к улучшению технологических показателей резиновой смеси и связанных с ними амортизационных свойств изготавливаемых на их основе резиновых изделий.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-МЕТИЛСТИРОЛЬНОГО И ИЗОПРЕНОВОГО КАУЧУКОВ

**П.Е. Петрова, М.А. Капитонова, Н.И. Кольцов**

Научный руководитель – **Н.И. Кольцов**, д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

*Исследованы пласто-эластические и реометрические свойства резиновой смеси на основе бутадиен-метилстирольного СКМС-30АРК и изопренового СКИ-3 каучуков.*

***Ключевые слова:** резина, бутадиен-метилстирольный каучук, изопреновый каучук СКИ-3, хлорбутилкаучук ХБК-139, пласто-эластические, реометрические свойства.*

## RESEARCH OF TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF RUBBER BASED ON BUTADIENE-METHYLSTYRENE AND ISOPRENE CAOUTCHOUCS

**P.E. Petrova, M.A. Kapitonova, N.I. Kol'tsov**

Scientific Supervisor – **N.I. Kol'tsov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

I.N. Ulyanov Chuvash State University

*The plasto-elastic and rheometric properties of the rubber mixture based on butadiene-methylstyrene SKMS-30ARK and isoprene SKI-3 caoutchoucs have been investigated.*

***Keywords:** rubber, butadiene-methylstyrene caoutchouc, isoprene SKI-3 caoutchouc, chlorobutyl caoutchouc HBK-139, plasto-elastic and rheometric properties.*

К резинам для изделий, работающих в условиях воздействия морской воды, предъявляются повышенные требования. Основой для изготовления таких резин служат каучуки общего, специального назначения, а также их комбинации [1]. В работе [2] установлено, что частичная замена в резиновой смеси бутадиен-метилстирольного каучука СКМС-30АРК на хлорбутилкаучук ХБК-139 приводит к улучшению эксплуатационных свойств резины. Известно, что физико-механические и эксплуатационные свойства резины связаны с её технологическими свойствами. В связи с этим в данной работе исследовано влияние хлорбутилкаучука ХБК-139 на технологические (пласто-эластические

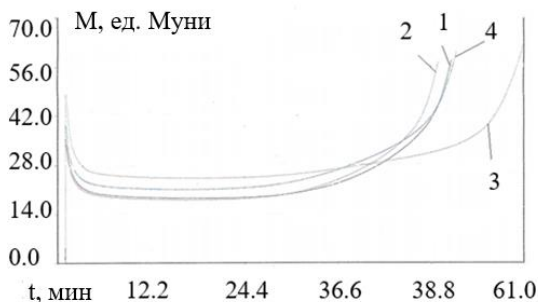
и реометрические) свойства резины на основе каучуков СКМС-30АРК и СКИ-3 с серной вулканизирующей системой. Хлорбутилкаучук ХБК-139 представляет собой продукт хлорирования бутилкаучука, содержащий 1,1-1,3% хлора. Первый вариант резиновой смеси содержал каучуки СКМС-30АРК и СКИ-3. Во втором, третьем и четвертом вариантах резиновой смеси проводилась частичная замена каучуков СКМС-30АРК и СКИ-3 на хлорбутилкаучук ХБК-139 в количестве 10,00, 30,00 и 20,00 мас. ч. соответственно (табл. 1).

**Таблица 1. Варианты и свойства резиновой смеси**

Каучуки и показатели	Варианты резиновой смеси			
	1	2	3	4
СКМС–30 АРК, мас.ч.	70,00	60,00	70,00	60,00
СКИ-3, мас.ч.	30,00	30,00	-	20,00
ХБК-139 мас.ч.	-	10,00	30,00	20,00
Пласто-эластические показатели резиновой смеси при 120 °С				
$M_{\max}$ , ед. Муни	53,53	53,08	59,25	56,08
$M_{\min}$ , ед. Муни	23,51	23,08	29,24	26,06
$t_5$ , мин	37,63	35,82	43,89	35,94
$t_{35}$ , мин	51,10	49,36	60,56	51,74
Реометрические показатели резиновой смеси при 150 °С				
$S_{\max}$ , дН·м	10,65	10,09	8,91	9,52
$S_{\min}$ , дН·м	0,84	0,88	1,00	0,91
$t_s$ , мин	8,02	7,72	8,22	7,84
$t_{90}$ , мин	22,30	22,09	24,11	22,98
$v_{\max}$ , дН·м/мин	1,51	1,32	1,19	1,37
<i>Примечание:</i> $M_{\max}$ и $M_{\min}$ – максимальная и минимальная вязкости; $t_5$ и $t_{35}$ – времена начала и оптимума подвулканизации; $S_{\max}$ – максимальный крутящий момент; $S_{\min}$ – минимальный крутящий момент; $t_s$ – время начала вулканизации; $t_{90}$ – оптимальное время вулканизации; $v_{\max}$ – максимальная скорость вулканизации.				

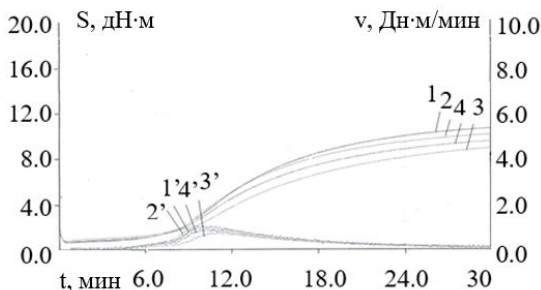
Резиновую смесь готовили на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160 при температуре валков вальцов 70-80 °С. Пласто-эластические свойства резиновой смеси изучали на пластометре MV 3000 Basic при 120 °С в течение 61 мин. На рис. 1 приведены полученные кривые.





**Рис. 1. Пласто-эластические свойства резиновой смеси**  
(номера кривых соответствуют номерам вариантов)

Реометрические свойства резиновой смеси исследовали на реометре MDR 3000 Basic при 143 °С в течение 30 мин. На рис. 2 приведены полученные реометрические кривые.



**Рис. 2. Реометрические свойства резиновой смеси**  
(номера кривых соответствуют номерам вариантов):

1-4 – зависимости крутящего момента от времени;  
1'-4' – зависимости скорости вулканизации от времени.

Пласто-эластические и реометрические показатели резиновой смеси, определенные на основе данных рис. 1 и 2, приведены в таблице 1. Как видно из данных таблицы 1, по сравнению с первым (базовым) вариантом частичная замена каучуков СКМС-30АРК и СКИ-3 на хлорбутилкаучук ХБК-139 приводит к увеличению максимальной и минимальной вязкости (за исключением 2 варианта) резиновой смеси. При этом время начала подвулканизации возрастает лишь в третьем варианте, а оптимальное время подвулканизации – в третьем и четвертом вариантах резиновой смеси. Введение хлорбутилкаучука ХБК-139 в резиновую смесь приводит к уменьшению максимального крутящего момента, максимальной скорости вулканизации и возрастанию минимального

крутящего момента. При этом время начала вулканизации и оптимальное время вулканизации возрастают в третьем варианте. Известно, что степень химического сшивания резиновой смеси пропорциональна разности максимального и минимального её крутящих моментов. Эта разность уменьшается при частичной замене каучуков СКМС-30АРК и СКИ-3 на хлорбутилкаучук ХБК-139. Следовательно, при этом происходит уменьшение степени сшивки резиновой смеси, что должно приводить к понижению физико-механических показателей вулканизатов, изменению их динамических свойств и степени набухания в морской воде.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование эксплуатационных и динамических свойств резины для изделий, работающих в морской воде / Е.Н. Егоров, Н.Ф. Ушмарин, С.И. Сандалов, Н.И. Кольцов // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2020. Т. 63, вып. 11. С. 96-102.
2. *Александрова Н.В.* Исследование свойств резины на основе бутадиен-метилстирольного каучука / Н.В. Александрова, Е.Н. Егоров, Н.И. Кольцов // 73-я Всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов с междунар. участием «Научно-технические и инженерные разработки – основа решения современных экологических проблем». Ярославль, 20 апреля 2020: сб. материалов. Ярославль. 2020. Ч. 1. С.120-123.

## ВЛИЯНИЕ ГИДРОСОРБЦИОННЫХ ДОБАВОК НА РЕОМЕТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ

Л.Ю. Царева, К.В. Ефимов, Н.И. Кольцов

Научный руководитель – **Н.И. Кольцов**, д-р хим. наук, профессор

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

*Исследовано влияние гидросорбционных добавок (натрий-карбоксиметилцеллюлозы, полиакрилата натрия, акриламида) на реометрические свойства резиновой смеси.*

**Ключевые слова:** гидросорбционные добавки, реометрические свойства резиновой смеси.

## INFLUENCE OF HYDROSOPTION ADDITIVES ON THE RHEOMETRIC PROPERTIES OF THE RUBBER MIXTURE

L.Yu. Tsareva, K.V. Efimov N.I. Kol'tsov

Scientific Supervisor – **N.I. Kol'tsov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

I.N. Ulyanov Chuvash State University

*The effect of hydrosorption additives (sodium carboxymethylcellulose, sodium polyacrylate, acrylamide) on the rheometric properties of the rubber mixture was studied.*

**Keywords:** hydrosorption additives, rheometric properties of a rubber mixture.

В настоящее время при растущих темпах добычи нефти в нефтегазодобывающей промышленности растет спрос на водонабухающие уплотнительные элементы, используемые для изоляции пластов скважины, а также затрубного пространства между колонной и грунтом. [1-3]. В связи с этим целью данной работы являлось исследование влияния водонабухающих ингредиентов (натрий-карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ), полиакрилата натрия (ПАН) и акриламида (АА)) на реометрические свойства резиновой смеси на основе комбинации бутадиен-нитрильного БНКС-18АН, полихлоропренового СР 232, акрилатного АР-22 и бутадиенового СКД каучуков. В таблице 1 приведены варианты резиновой смеси.

**Таблица 1. Варианты резиновой смеси**

Ингредиенты	Варианты			
	1	2	3	4
Na-КМЦ, мас. ч.	70,0	60,0	50,0	-
ПАН, мас. ч.	-	10,0	10,0	40,0
АА, мас. ч.	-	-	10,0	30,0

Резиновую смесь готовили путем смешения каучуков с ингредиентами на лабораторных вальцах ЛБ 320 160/160. Для каждого варианта резиновой смеси исследовались реометрические свойства на реометре MDR 3000 Basic при 150 °С в течение 30 мин. Результаты исследования реометрических свойств резиновой смеси приведены в таблице 2.

**Таблица 2. Реометрические свойства резиновой смеси**

Реометрические показатели	Варианты резиновой смеси			
	1	2	3	4
$S_{max}$ , дН*М	15,11	17,16	16,32	18,23
$S_{min}$ , дН*М	0,94	1,02	0,99	1,07
$t_s$ , мин	1,90	1,84	1,86	1,72
$t_{90}$ , мин	15,54	14,60	14,37	9,73
$v_{max}$ , дН*М/с	6,78	7,56	7,22	7,94

*Примечание:*  $S_{max}$  – максимальный крутящий момент;  $S_{min}$  – минимальный крутящий момент;  $t_s$  – время начала вулканизации;  $t_{90}$  – оптимальное время вулканизации;  $v_{max}$  – максимальная скорость вулканизации.

Из результатов исследования реометрических свойств следует, что частичная и полная замена Na-КМЦ на ПАН и АА приводит к увеличению максимального, минимального крутящих моментов и уменьшению времен начала и оптимума вулканизации. При этом наблюдается повышение максимальной скорости вулканизации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Разработка резины для водонефтенабухающих пакеров / Н.Ф. Ушмарин, Д.В. Пелипенко, С.И. Сандалов, Е.Н. Егоров, Н.И. Кольцов // VII Всерос. конф. «Каучук и резина - 2017: традиции и новации». Москва, 25-26 апреля 2017: материалы докл. М., 2017. С. 56-57.
2. Влияние функциональных ингредиентов на физико-механические и эксплуатационные свойства резин для водонефтенабухающих уплотнительных элементов / Е.Н. Егоров, Н.Ф. Ушмарин, С.И. Сандалов, И.С. Спиридонов, Н.И. Кольцов // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 57, № 2. С. 68-73.
3. Исследование свойств водонабухающей резины, содержащей камеди и экстэлинт / К.В. Ефимов, Е.Н. Егоров, Н.Ф. Ушмарин, Н.И. Кольцов // Бутлеровские сообщения. 2019. Т. 62, № 4. С. 72-76.

## **КИНЕТИКА БИОРАЗЛОЖЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИИЗОПРЕНА**

**К.Е. Дмитриев, А.С. Мухин, И.С. Коротнева, М.Е. Соловьев**

Научный руководитель – **И.С. Коротнева**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Исследована кинетика биоразложения полимерных композиций на основе полиизопрена с органическими наполнителями. Проведен статистический анализ влияния типа органического наполнителя, его содержания и дисперсности на кинетические параметры биоразложения.*

**Ключевые слова:** полимерные композиции, биоразложение, органические наполнители.

## **KINETICS OF BIODEGRADATION OF POLYMER COMPOSITIONS BASED ON POLYISOPRENE**

**K.E. Dmitriev, A.S. Mukhin, I.S. Korotneva, M.E. Soloviev**

Scientific Supervisor – **I.S. Korotneva**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The kinetics of biodegradation of polymeric compositions based on polyisoprene with organic fillers has been investigated. A statistical analysis of the effect of the type of organic filler, its content and dispersion on the kinetic parameters of biodegradation has been carried out.*

**Keywords:** polymer compositions, biodegradation, organic fillers.

Разработка и исследование новых биоразлагаемых полимерных материалов представляет собой актуальную задачу в связи с непрекращающимся ростом производства полимеров и прогрессирующим нарастанием загрязненности окружающей среды отходами их потребления [1]. Весьма эффективный и распространенный способ придания биологической разрушаемости синтетическим полимерам является введение в полимерную композицию органических наполнителей [2].

Целью настоящей работы явилось моделирование кинетики биоразложения композиций на основе полиизопрена СКИ-3 с органическими наполнителями: древесной мукой и кофейным жмыхом. В работах [3, 4] методами квантово-химического моделирования исследован механизм термоокисли-

тельной деградации полиизопрена и полибутадиена. Сущность проводимого эксперимента по кинетике биоразложения заключается в экспозиции полученных образцов полимерного материала в дерново-подзолистой почве в течение 10 недель с еженедельным мониторингом степени биодеградации. В настоящей работе предложена кинетическая модель биоразложения композиций на основе полиизопрена и изучено влияние состава композиции на кинетические параметры процесса биоразложения.

Для описания зависимости степени биодеградации полимерной композиции от времени использовалось следующее кинетическое уравнение:

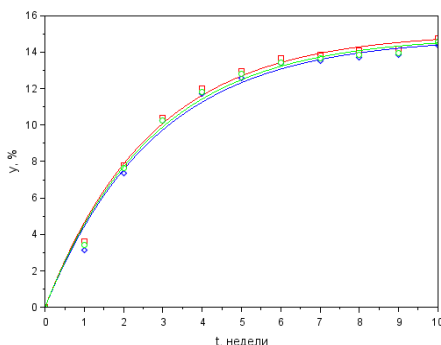
$$y = A(1 - e^{-kt}), \quad (1)$$

где  $A$  – максимальная степень деградации, %,

$k$  – константа скорости деградации, недель<sup>-1</sup>.

Оценку кинетических параметров уравнения (1) осуществляли на основании экспериментальных данных, путем минимизации методом сопряженных градиентов суммы квадратов отклонений экспериментальных и расчетных значений отклика  $y$ . Значимость влияния качественных и количественных факторов на параметры кинетического уравнения исследовали методами статистического анализа [5].

На рис. 1 представлена кинетика биоразложения полученного полимерного композита в трех параллельных опытах. В качестве органического наполнителя применили древесную муку в количестве 5 массовых частей на 100 массовых частей полиизопрена. На графике зависимости наблюдается положительная динамика биоразложения для всех трех параллельно проводимых опытов, хорошая сходимость результатов.



**Рис. 1. Зависимость степени биодеградации полимерной композиции от времени компостирования**

В ходе работы была разработана адекватная кинетическая модель для оценки степени биоразложения полученных композиционных материалов на основе полиизопрена и органических наполнителей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Клинков А.С.* Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов / А.С. Клинков, П.С. Беляев, М.В. Соколов. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. 80 с.
2. *Роговина С.З.* Биоразлагаемые полимерные композиции на основе синтетических и природных полимеров различных классов // *Высокомолекулярные соединения. Серия С.* 2016, Т.58, №1. С. 68-80.
3. *Соловьев М.Е.* Квантово-химическое исследование разрушения молекул низкомолекулярных аналогов звеньев цис- и транс-полиизопрена при растяжении за концевые атомы / М.Е. Соловьев, И.В. Шумилов // *Высокомолекулярные соединения. Серия Б.* 2006. Т. 48. № 10. С. 1921-1924.
4. *Новикова А.А.* Квантово-химическое исследование реакций окисления в ненасыщенных углеводородах / А.А. Новикова, М.Е. Соловьев // *Изв. вузов. Серия: Химия и хим. технология.* 2017. Т. 60, № 7. С. 14-20.
5. *Власов В.В.* Планы линейных комбинаций факторов при оптимизации состава многокомпонентных смесей / В.В. Власов, М.Е. Соловьев, С.В. Усачев // *Каучук и резина.* 2011. № 2. С. 25-29.

## СВОЙСТВА ФУРАНО-ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРБЕТОНОВ

**П.А. Егоров, Ю.Р. Максимова, А.А. Сазанова, О.Е. Насакин**

Научный руководитель – **А.А. Сазанова**, канд. хим. наук, доцент

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

*В статье изучен вопрос влияния соотношения эпоксидных и фурановых смол в связующем на физико-механические свойства полученных полимербетонов.*

*Ключевые слова:* ЭД-20, мономер ФА, мономер ФАМ, полимербетон, улучшение.

## PROPERTIES OF FURANO-EPOXY POLYMER CONCRETE

**P.A. Egorov, Y.R. Maksimova, A.A. Sazanova, O.E. Nasakin**

Scientific Supervisor – **A.A. Sazanova**, Candidate of Chemistry,  
Associate Professor

I.N.Ulyanov Chuvash State University

*The article examines the influence of the ratio of epoxy and furan resins in the binder on the physical and mechanical properties of the resulting polymer concrete.*

*Keywords:* ED-20, monomer FA, monomer FAM, polymer concrete, improvement.

В настоящее время эпоксидные смолы занимают лидирующие позиции на рынке синтетических смол, вследствие ценному комплексу свойств: начиная от хороших механических свойств, стойкостью к агрессивным средам и заканчивая отличными электроизоляционными свойствами. При этом имеет место модификация таких смол, улучшение качества, придание новых свойств, удешевление и разбавление другими смолами.

Фурано-эпоксидные смолы – композиции, содержащие и фурановую и эпоксидную смолы, характеризующиеся комплексом технически ценных свойств, присущих обоим компонентам, а именно, адгезией и прочностными свойствами эпоксидных смол, тепловой и химической стойкостью. Вязкость фурановой смолы, низкая стоимость, наличие химически активных функциональных групп даёт возможность работы в виде активного разбавителя. В качестве эпоксидной составляющей использовалась эпоксидная смола ЭД-20 (ГОСТ 10587-84) в качестве фурановой составляющей использовался фурфу-



ролацетоновый мономер ФА (синтезированный и отвечающий качеству ТУ 2453-001-08468234-01 содержащий 64,63% монофурфурилиденацетона и 21,36% дифурфурилиденацетона) и мономер ФАМ (синтезированный и отвечающий качеству ТУ 2453-001-08468234-01 содержащий 21,74 монофурфурилиденацетона и 53,26% дифурфурилиденацетона) [1-3].

Целью работы являлось изучение влияния соотношения эпоксидной и фурановой составляющих в связующем на физико-механические свойства полученных полимербетонов. В связующее, которое содержит разное соотношение смол, вводилось одинаковое количество как наполнителя – речного песка, так отвердителя – ПЭПА, образцы отверждали при комнатной температуре. Через 30 дней выдержки определялась плотность по ГОСТ 15139-69 (с изм. 1), прочность при сжатии по ГОСТ 4651-2014 и водопоглощение по ГОСТ 4650-2014.

**Таблица 1. Физико-механические свойства полимербетонов на основе мономера ФА и ЭД 20**

Содержание ЭД 20 в связующем	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Изменение показателя, в %	Водопоглощение, в %	Изменение показателя, в %	$\sigma_{сж}$ , МПа	Изменение показателя, в %
100 (Стандарт)	1,86	-	1,78	-	26,1	-
80	1,87	0,05	1,76	0,79	24,7	-5,2
70	1,84	-1,29	1,58	11,1	26,3	0,78
60	1,84	-1,56	1,57	11,83	27,9	7,08
50	1,83	-1,77	1,56	12,39	28,7	10,17
40	1,83	-1,72	1,58	10,93	31,2	19,63
30	1,86	0	1,41	20,45	32,2	23,39
20	1,90	1,66	1,70	5,97	34,3	31,64

**Таблица 2. Физико-механические свойства полимербетонов на основе мономера ФАМ и ЭД 20**

Содержание ЭД 20 в связующем	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Изменение показателя, в %	Водопоглощение, в %	Изменение показателя, в <i>n</i> раз	$\sigma_{сж}$ , МПа	Изменение показателя, в %
100 (Стандарт)	1,86	-	1,78	-	26,1	-
80	1,87	0,5	6,49	3,66	32,4	24,1
70	1,87	0,5	4,11	2,32	31,1	19,3
60	1,87	0,5	2,53	1,43	33,7	29,1
50	1,85	-0,5	2,56	1,44	39,9	52,9
40	1,83	-1,6	2,67	1,50	44,3	69,9
30	1,83	-1,6	2,66	1,50	35,3	35,3
20	1,83	-1,6	2,65	1,49	15,2	-41,8

Результаты показывают, что включение в состав как мономера ФА, так и мономера ФАМ улучшает качество полученных полимербетонных композиций по сравнению с полимербетоном, не имеющим в своём составе фурановых

смола. Представленные результаты демонстрируют следующее: прочность при сжатии улучшается до 31,6% для мономера ФА и до 69,9% для мономера ФАМ, водопоглощение улучшается на 20,5% для мономера ФА, плотность при этом практически не изменяется. Мономер ФАМ значительно ухудшает показатель водопоглощения композиции. Соответственно, мономером ФА можно разбавлять эпоксидную смолу ЭД-20 в соотношениях от 20:80 до 80:20, мономером ФАМ, в свою очередь, можно разбавлять в соотношениях от 40:60 до 70:30. Мономер ФАМ позволяет получить более прочную композицию, но менее водостойкую, по сравнению с мономером ФА.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Маматов Ю.М.* Фурановые смолы: Производства и применение: Обзор / ОН-ТИТЭИмикробиопром. М., 1974. 99 с.
2. *Маматов Ю.М.* Фураноэпоксидные смолы / Ю.М. Маматов, Г.Д. Варламов; ОН-ТИТЭИмикробиопром. М., 1979. 63 с.
3. *Уткин Г.К.* Фурфурольно-ацетоновый мономер: Обзор / Г.К. Уткин, Л.Г. Гранкина; Гл. упр. микробиол. пром-сти при Совете Министров СССР. Отд-ние науч.-техн. информации и техн.-экон. исследований микробиол. пром-сти. М., 1971. 95 с.

## **ВЛИЯНИЕ КЕРНОВОГО ОКСИДА ЦИНКА НА СВОЙСТВА РЕЗИНОВОЙ СМЕСИ И РЕЗИНЫ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕН-СТИРОЛЬНОГО КАУЧУКА**

**А.И. Иванова, М.С. Игнатьева, А.Б. Ветошкин,  
О.Ю. Соловьева**

Научный руководитель – **А.Б. Ветошкин**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Исследовано влияние kernового оксида цинка с ядром цеолитной природы в сравнении с белилами цинковыми БЦОМ, выполняющими роль активатора в составе серной вулканизирующей группы, на свойства наполненной резиновой смеси на основе бутадиен-стирольного каучука марки СКС-30АРК. Показано, что при 100%-ной замене белил цинковых на kernовый активатор ускоряется процесс вулканизации. При этом наблюдается незначительная тенденция к снижению степени сшивания в оптимальном вулканизации и, как следствие, к уменьшению условного напряжения при 100% удлинении, условной прочности при растяжении, к увеличению относительного удлинения при разрыве и остаточного удлинения после разрыва.*

***Ключевые слова:** бутадиен-стирольный каучук, kernовый оксид цинка, резиновая смесь, реометрические характеристики, деформационно-прочностные свойства резин.*

## **INFLUENCE OF CORE ZINC OXIDE ON THE PROPERTIES OF RUBBER MIXTURE AND RUBBER BASED ON STYRENE-BUTADIENE RUBBER**

**A.I. Ivanova, M.S. Ignatyeva, O.Yu. Solovyeva, A.B. Vetoshkin**

Scientific Supervisor – **A.B. Vetoshkin**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article deals with the influence of core zinc oxide with zeolite nucleus in comparison with zinc whitewash BCOM, which acts as an activator in sulfur vulcanizing group, on properties of the filled rubber mixture based on butadiene styrene rubber SKS-30ARK. It is shown, that at 100% replacement of zinc white with core activator the process of vulcanization is accelerated. At the same time a slight tendency to a decrease of cross-linking degree at*

*vulcanization optimum and, as a consequence, to a decrease of conditional stress at 100% elongation, conditional tensile strength, to an increase of relative elongation at breaking and relative residual elongation after breaking are observed.*

**Keywords:** *butadiene styrene rubber, zinc oxide core, rubber compound, rheometric characteristics, deformation-strength properties of rubbers.*

Для вулканизации диеновых каучуков наиболее широко используется серно-ускорительная система. Одним из обязательных компонентов, входящих в ее состав, является активатор - оксид цинка в виде технического продукта белил цинковых БЦОМ. Однако в последние годы отмечается повышение концентрации цинка и его соединений в окружающей среде, главным образом, в почве и сточных водах. Это изменение носит антропогенный характер и в немалой степени связано с производством, эксплуатацией и утилизацией резиновых изделий, в том числе с истиранием шин в процессе передвижения оснащенных ими транспортных средств. В настоящее время известно о токсичном воздействии производных оксида цинка на биоорганизмы почвы и сточных вод [1, 2]. Кроме того, оксид цинка является достаточно дорогим продуктом, что требует минимизации потребления его в резиновой промышленности.

Одним из путей решения данной проблемы является сокращение объемов потребления оксида цинка за счет применения его в ядерной форме, когда ZnO наносится на поверхность частиц высокодисперсного продукта, не оказывающего сколь-нибудь заметного влияния на кинетику сшивания макромолекул. Обоснованность такого приема вытекает из гетерогенного характера процесса вулканизации [3], когда в реакциях сшивания участвуют преимущественно поверхностные слои частиц ZnO. Ранее [4] было проведено опробование применения активатора БЦО-К (ТУ 2321-002-65393424), содержащего 31,5% ZnO, нанесенного на поверхность частиц цеолита, взамен белил цинковых марки БЦОМ в рецептуре резиновых смесей на основе 1,4-цис-изопреновых и бутадиен-нитрильных каучуков. С целью расширения базы данных, позволяющих судить об эффективности использования ядерного активатора, представлялось целесообразным оценить его влияние на свойства смесей и резин на основе бутадиен-стирольного каучука, относящегося к группе каучуков общего назначения.

Поэтому объектами исследования в настоящей работе явились резиновые смеси на основе каучука СКС-30АРК модельного состава, мас. ч.: каучук – 100, 0; сера – 2,2; сульфенамид Ц – 1,7; первичный активатор - 5,0; стеарин – 1,0; технический углерод N 330 – 40,0.

Изготовление резиновых смесей осуществляли на лабораторных вальцах 320 160/160. Режимы во всех случаях были одинаковыми. Смесь с белилами цинковыми была принята за эталон.

Реометрические испытания проводились на виброреометре MDR-2000 в изотермическом режиме при нескольких температурах. В табл. 1 приведены

результаты для температуры испытания 155 °С. Согласно полученным данным опытная смесь, содержащая активатор БЦ-О-К, характеризуется несколько более высокими значениями минимального крутящего момента  $M_L$ , что свидетельствует о её более высокой вязкости (см. табл. 1). Аналогичный характер влияния кернового активатора наблюдался и в случае бутадиен-нитрильных каучуков [4]. Вероятно, причиной является образование большего числа локальных сшивок на стадии смешения вследствие повышенной активности продукта БЦ-О-К. В пользу этого предположения может свидетельствовать уменьшение тангенса угла механических потерь при достижении минимального крутящего момента  $\text{tg } \delta_{ML}$ .

**Таблица 1. Влияние замены белил цинковых на керновый оксид цинка на реометрические характеристики резиновых смесей на основе каучука СКС-30АРК**

Показатель	Тип активатора	
	БЦО	БЦ-О-К
$M_L$ , дН·м	1,54	1,65
$(M_H - M_L)$ , дН·м	18,71	17,12
$t_{s1}$ , мин	6,29	5,78
$t_{90}$ , мин	15,34	13,13
$(t_{90} - t_{s1})$ , мин	12,87	12,41
$\text{tg } \delta_{ML}$	0,773	0,752
$\text{tg } \delta_{MH}$	0,022	0,030
$R_h$ , дН·м/мин	3,65	3,98
$k$ , мин <sup>-1</sup>	0,237	0,291
$E_a$ III, кДж/моль	92,3	89,7
$E_a$ ОП, кДж/моль	82,5	79,1
Условия испытания: 155 °С, 30 мин, частота колебаний 1,66 Гц, амплитуда деформации 7% (0,5°).		

При замене белил цинковых на активатор БЦ-О-К вулканизационная активность смесей не снижается, а даже несколько возрастает: сокращается индукционный период  $t_{s1}$ , время до достижения технологического оптимума вулканизации  $t_{90}$ , увеличивается максимум скорости изменения крутящего момента в основном периоде  $R_h$ . Опытная смесь характеризуется несколько большим значением кажущейся константы скорости вулканизации  $k$ . Аналогичная картина наблюдается при всех температурах испытания. Отмечается тенденция к уменьшению кажущейся энергии активации в индукционном ( $E_a$  III) и основном ( $E_a$  ОП) периодах вулканизации при переходе от эталонной к опытной резиновой смеси.  $k$  и  $E_a$  рассчитывались с использованием реометрических кривых.

Следствием некоторого снижения степени сшивания в оптимуме вулканизации является уменьшение условного напряжения при 100 % удлинения

$f_{100}$ , условной прочности при растяжении  $f_p$  и увеличения как относительного удлинения при разрыве  $\varepsilon_p$ , так и относительного остаточного удлинения  $\theta$  после разрыва (табл. 2).

**Таблица 2. Влияние замены белил цинковых на «оболочковый» активатор вулканизации на деформационно-прочностные свойства резин на основе каучука БНКС-28АМН**

Показатель	Тип активатора	
	БЦОМ	БЦ-0-К
$f_{100}$ , МПа	3,2 (1,7)*	3,1 (2,7)
$f_p$ , МПа	21,3 (9,4)	20,0 (5,2)
$\varepsilon_p$ , %	370 (4,5)	390 (1,9)
$\theta$ , %	8,0 (4,1)	8,2 (3,5)

\* В скобках приведены значения коэффициента вариации в %.

Таким образом, полученные данные свидетельствуют о том, что 100%-ная замена белил цинковых на керновый оксид цинка не вполне эффективна, и указывают на необходимость корректировки в этом случае состава вулканизирующей системы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фроликова В.Г.* Источники канцерогенных и токсических веществ в шинной промышленности / В.Г Фроликова, С.М. Кавун, М.М. Донская // Простор. 2000. № 3. С. 65-74
2. *Гришин Б.С.* Материалы резиновой промышленности : информационно-аналитическая база данных. Ч. 1. Казань: КГТУ, 2010. 505 с.
3. *Догадкин Б.А.* Химия эластомеров / Б.А. Догадкин, А.А. Донцов, В.А Шершнев. М.: Химия, 1981. 376 с
4. Свойства резиновых смесей и резин на основе каучука БНКС-28АМН, содержащих «оболочковый» оксид цинка / М.С. Игнатьева, О.Ю. Соловьева, А.Б. Ветошкин, С.В. Гудков // 73-я Всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов вузов с междунар. участием: сб. материалов. В 2 ч. Ч. 1. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2020. С. 153-156.

## СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕТЕРОЦЕПНЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 4-(1-АДАМАНТИЛ)БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ

**А.Ф. Карлова, А.В. Спиридонова, Н.В. Красникова**

Научный руководитель – **Н.В. Красникова**, канд. хим. наук,  
ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*На основе 4-(1-адамантил)бензойной кислоты был синтезирован ряд гетероцепных производных, содержащих биогенные аминокислоты или аминокислотный остаток с фрагментом амина с использованием N,N-карбонилдиимидазольного метода создания гетероцепных структур. Разработаны методики выделения целевых продуктов и доказано их строение и чистота с помощью современных физико-химических методов анализа.*

**Ключевые слова:** гетероцепные производные, 4-(1-адамантил)бензойная кислота, N,N-карбонилдиимидазол (КДИ), биогенные аминокислоты, анальгетическая активность.

## SYNTHESIS OF HETEROCEPTIC DERIVATIVES ON THE BASIS OF 4-(1-ADAMANTYL)BENZOIC ACID

**A.F. Karlova, A.V. Spiridonova, N.V. Krasnikova**

Scientific Supervisor – **N.V. Krasnikova**, Candidate of Chemical Sciences,  
Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*On the basis of 4-(1-adamantyl)benzoic acid, a number of heterochain derivatives containing biogenic amino acids or an amino acid residue with an amine fragment were synthesized using the N,N-carbonyldiimidazole method of creating heterochain structures. Methods for the isolation of target products have been developed and their structure and purity have been proven using modern physicochemical methods of analysis.*

**Keywords:** heterochain derivatives, 4-(1-adamantyl)benzoic acid, N,N-carbonyldiimidazole (CDI), biogenic amino acids, analgesic activity.

Гетероцепные соединения, состоящие из биогенных аминокислотных остатков, обладают высокой физиологической активностью, так как относятся к природным биологически активным соединениям. Они являются нетоксичными, не вызывают лекарственной зависимости и обладают широким спектром биологической активностей: противоопухолевой, нейрорепитической,

ноотропной, антипсихотической, анксиолитической, и др. [1]. Модифицированные гетероцепные соединения фрагментом адамантана дают возможность в создании перспективных фармацевтических субстанций, где фрагмент адамантана воздействует на разные виды рецепторов, связанных с обезболиванием [2]. Это повышает вероятность проявления анальгетической активности у других адамантансодержащих гетероцепных соединений. Так же адамантановый фрагмент повышает липофильность молекулы, что важно при проникновении ее через клеточные мембраны.

Целью работы являлась разработка селективного метода получения гетероцепных производных 4-(1-адамантил)бензойной кислоты, обладающих широким спектром биологической активности в сочетании с низкой токсичностью.

Для получения целевых гетероцепных производных 4-(1-адамантил)бензойной кислоты был разработан двух стадийный метод синтеза, который состоял из реакции ацилирования *L*-аминокислот или ацилирования первичных алифатических, ароматических или гетероциклических аминов хлорангидридом 4-(1-адамантил)бензойной кислоты в тетрагидрофуране при pH 9-10 в течение трех часов при комнатной температуре с выходом 75-85% [3]. Так был получен ряд аминокислотных производных 4-(1-адамантил)бензойной кислоты, строение которых было доказано совокупностью данных <sup>1</sup>H ЯМР-, ИК-спектроскопий и масс-спектрометрии, и исследованы их фармакологические свойства. В исследованиях *in vivo* для них было доказано наличие анальгетической и противовоспалительной активностей [4].

На втором этапе работы *N*-[4-(1-адамантил)]-*L*-аминокислоты вступали во взаимодействие с 10-15% избытком *N,N*-карбонилдимидазолом (КДИ) в абсолютированном тетрагидрофуране при нагревании и перемешивании в течение одного часа. Образовавшиеся в результате *in situ* соответствующие имидазолиды далее реагировали с 5% избытком первичных алифатических, ароматических или гетероциклических аминов или с 10% избытком гидрохлоридов метиловых эфиров *L*-аминокислот совместно с триэтиламином при нагревании в течение двух-трех часов. Время реакции определялось с помощью ТСХ контроля (толуол/*n*-гексан/ацетон = 8/8/5, УФ-проявка). Выходы продуктов составили 70-85%. В ИК-спектре полученных соединений обнаружены полосы валентных колебаний NH-групп 3280-3290 см<sup>-1</sup>, I и II амидные полосы связей C=O 1630-1640 см<sup>-1</sup> и 1535-1545 см<sup>-1</sup> и наличие карбонильных сложноэфирных групп C=O 1740-1750 см<sup>-1</sup> в продуктах содержащих аминокислотные остатки. В <sup>1</sup>H ЯМР-спектре в области 8,9-8,1 м.д. присутствуют сигналы дублетов относящихся к NH-группе аминокислотного фрагмента и сигналы с разным расщеплением в области 8,2-7,8 м.д. относящихся к NH-группам концевых α-аминокислот или первичных алифатических, ароматических, гетероциклических аминов.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гудашева Т.А.* Стратегия создания дипептидных нейропсихотропных лекарственных препаратов / Т.А. Гудашева, А.П. Сколдинов // Экспериментальная и клиническая фармакология, 2003. Т. 66, № 2. С. 15-20.
2. *Wanka, L.* The lipophilic bullet hits the targets: medicinal chemistry of adamantane derivatives / L.Wanka, K. Iqbal, P.R. Schreiner // Chem. Rev. 2013. Vol. 113. P. 3516-3604.
3. Synthesis of amino acid derivatives of 4-(1-adamantyl) benzoic acid obtained by transition metal ion catalyzed oxidation of 4-(1-adamantyl)toluene / S.V. Krasnikov, T.A. Obuchova, O.A. Yasinskii [et al.] // Tetrahedron Lett. 2004. № 45. P. 711-714.
4. Изучение фармакологических свойств производных адамантилбензоиламинокислоты / Е.А. Никитченко, В.Н. Федоров, С.В. Красников, Т.А. Обухова // Фармация, 2007. № 8. С. 37-38.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ПОДВИЖНОСТИ ПО ДЛИНЕ ЦЕПИ УБИКВИТИНА

**Д. И. Кондюк, М.Е. Соловьев**

Научный руководитель – **М.Е. Соловьев**, д-р физ.-мат. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*Исследована молекулярная подвижность белка убиквитина в водном растворе методом молекулярной динамики. Показано, что наибольшей локальной подвижностью характеризуется аминокислотный остаток лизина с номером 63.*

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, молекулярная динамика, белки, убиквитин.

## DISTRIBUTION OF LOCAL MOBILITY ALONG THE CHAIN LENGTH OF THE UBIKVITIN

**D.I. Kondyuk, M.Ye. Soloviev**

Scientific Supervisor – **M.Ye. Soloviev**, Doctor of Physical  
and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The molecular dynamics method was used to study the molecular mobility of the protein ubiquitin in an aqueous solution. It was shown that the highest local mobility is characterized by the amino acid residue of lysine with number 63.*

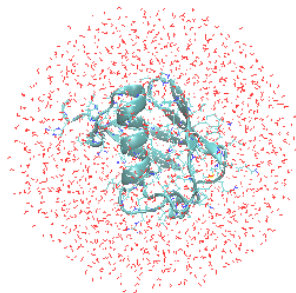
**Keywords:** Computer modeling, molecular dynamics, proteins, ubiquitin.

Убиквитин – это небольшой белок, состоящий из 76 аминокислот. Его система играет ключевую роль в гомеостазе белков, а именно регулирует их обмен, участвует в процессах повреждения и восстановления ДНК, регулирует клеточный цикл. Любые изменения подвижности могут привести к необратимым последствиям в организме.

В настоящей работе была поставлена цель с помощью метода молекулярной динамики исследовать молекулярную подвижность белка убиквитина в водном растворе. Данный метод широко используется для моделирования синтетических и биополимеров [1, 2]. В работах [3-5] методом молекулярной динамики было показано, что локальная подвижность звеньев полибутадиена

разной микроструктуры может различаться, что отражается на многих физических свойствах полимера. В этой связи представляло интерес оценить, насколько различается локальная подвижность внутренних звеньев биополимера и в какой степени это коррелирует с его биологической активностью.

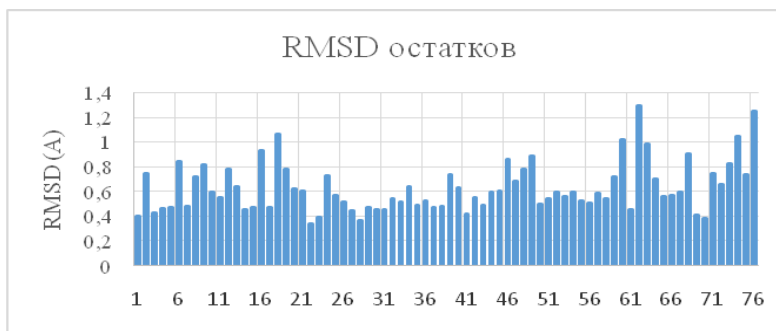
Для вычислений использовался молекулярно-динамический пакет NAMD [6]. На рис. 1 показана оптимизированная модель молекулы убиквитина в сферической оболочке атомов воды.



**Рис. 1. Убиквитин в водной сфере**

В качестве меры молекулярной подвижности в настоящей работе использовалось среднеквадратичное отклонение атомных позиций, или RMSD, являющейся, как и дисперсия, использованная в цитированных выше работах, мерой среднего расстояния между атомами. С помощью нее можно характеризовать степень подвижности как целой молекулы, так и отдельных ее фрагментов.

На рис. 2 приведен график RMSD для уравновешенной системы отдельных звеньев молекулы убиквитина.



**Рис. 2. Распределение RMSD остатков в цепи убиквитиназа время моделирования**

Анализ RMSD для убиквитина показал, что наиболее подвижными являются звенья с номерами 48 и 63. Вычисленные значения для RMSD при периодических граничных условиях для них составили, соответственно, 0.78 и  $0.98E^{-10}$  м.

Таким образом, результаты молекулярно-динамического моделирования молекулы убиквитина показывают, что звено 63 оказалось более подвижное, чем 48-е. Это подтверждает тот факт, что это звено проявляет высокую активность в биохимических реакциях. В частности, по принципу убиквитинилирования-63 протекают все основные биохимические процессы белка убиквитина [7].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Луцкекина С.В.* Методы компьютерного моделирования для исследования полимеров и биополимеров / С.В. Луцкекина, С.Д. Варфоломеев, Н.К. Балабаев. М.: ЛИБРОКОМ, 2009. 696 с.
2. *Steven M.* Computational Organic Chemistry/ Steven M. Bachrach. Department of Chemistry, Trinity University, San Antonio, TX. Second edition. 2014.
3. *Соловьев М.М.* Динамический конформационный анализ низкомолекулярных цис-и транс-полибутадиенов / М.М. Соловьев, М.Е. Соловьев // Изв. вузов. Сер. Химия и хим. технология. 2002. Т. 45. № 7. С. 27-.
4. *Соловьев М.М.* Молекулярно-динамическое моделирование конформаций низкомолекулярных цис- и транс-полибутадиеновых цепей / М.М. Соловьев, М.Е. Соловьев // Ж. физ. химии. 2002. Т. 76, №11. С. 2009-2012.
5. *Соловьев М.М.* Компьютерное моделирование динамики сшитых эпокси-ди-рованных олигобутадиенов различной микроструктуры / М.М. Соловьев, М.Е. Соловьев, Б.С. Туров, Т.Е. Абрамова, Н.С. Минеева // Высокомолекул. соед., Сер. А. 2007. Т. 49, № 5. С. 926-931.
6. Scalable molecular dynamics with NAMD / J.C. Phillips, R. Braun, W. Wang, J. Gumbart, E. Tajkhorshid, E. Villa, C. Chipot, R.D.Skeel, L. Kale, K. Schulten // Journal of Computational Chemistry. 2005. 26. P. 1781-1802.
7. *Pontrelli P.* The Role of Lysine 63-Linked Ubiquitylation in Health and Disease. / P. Pontrelli, F. Conserva, L. Gesualdo // Ubiquitin Proteasome System. Intech Open, 2019, DOI: 10.5772/intechopen.83659

## СКОРОСТЬ ЖЕЛАТИНИЗАЦИИ ФУРАНО-ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

**Ю.Р. Максимова, П.А. Егоров, А.А. Сазанова, О.Е. Насакин**

Научный руководитель – **А.А. Сазанова**, канд. хим. наук, доцент

Чувашский государственный университет им. И.Н. Ульянова

*В статье изучена скорость желатинизации фурано-эпоксидных смол в разном массовом соотношении фурановой и эпоксидной смолы.*

***Ключевые слова:** ЭД-20, мономер ФА, мономер ФАМ, ФАЭД, скорость полимеризации.*

## GELATINIZATION RATE OF FURAN EPOXY RESINS

**Y.R. Maksimova, P.A. Egorov, A.A. Sazanova, O.E. Nasakin**

Scientific Supervisor – **A.A. Sazanova**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

I.N.Ulyanov Chuvash State University

*The article studies the rate of gelatinization of furan-epoxy resins in different mass ratios of furan and epoxy resins.*

***Keywords:** ED-20, monomer FA, monomer FAM, FAED, gelatinization rate.*

Фураноэпоксидный олигомер ФАЭД – продукт, состоящий из фурфуролацетонного мономера ФА и эпоксидианового олигомера ЭД-20, число после слова ФАЭД означает массовое содержание эпоксидного компонента в реакционноспособном олигомере, число в скобках – марка эпоксидного олигомера ЭД. Если композиция содержит мономер ФАМ, то её называют ФАМЭД [1]. Такие смолы характеризуются комплексом технически ценных свойств, присущих обоим компонентам, а именно, адгезией и прочностными свойствами эпоксидных смол, тепловой и химической стойкостью. Вязкость фурановой смолы, низкая стоимость, наличие химически активных функциональных групп даёт возможность работы в виде активного разбавителя [2]. Однако одним из самых главных недостатков таких смол является то, что включение в состав фурановой смолы замедляет процесс полимеризации, что в итоге, требует большего времени отверждения при равных условиях [3]. В качестве эпоксидной составляющей использовалась эпоксидная смола ЭД-20 (ГОСТ

10587-84) в качестве фурановой составляющей использовался фурфуролацетонный мономер ФА (синтезированный и отвечающий качеству ТУ 2453-001-08468234-01 содержащий 64,63% монофурфурилиденацетона и 21,36% дифурфурилиденацетона).

Целью работы являлось изучение влияния соотношения эпоксидной и фурановой составляющих в связующем на скорость желатинизации. В бюксе отвешивают определённое количество связующего и отвердителя. Эту смесь перемешивают, и затем выливают на подготовленную полимеризационную плиту, включают секундомер и определяют скорость желатинизации при  $(120 \pm 2)$  °С. За скорость желатинизации принимают время (в сек.), прошедшее с момента нанесения продукта на плиту, до момента отрыва нити. За результат испытания принимают среднее арифметическое 3-х параллельных измерений (табл. 1).

**Таблица 1. Результаты испытаний фураноэпоксидных смол**

№ Опыта	Состав опыта	Скорость желатинизации 120 °С, с.	Замедление полимеризации, % относительно стандарта
1	1 г. ЭД 20 + 0,2 г. ПЭПА	45	-
2	1 г. ФАЭД 90(20) + 0,2 г. ПЭПА	51	13,3
3	1 г. ФАЭД 80(20) + 0,2 г. ПЭПА	72	60,0
4	1 г. ФАЭД 70(20) + 0,2 г. ПЭПА	92	104,4
5	1 г. ФАЭД 60(20) + 0,2 г. ПЭПА	110	144,4
6	1 г. ФАЭД 50(20) + 0,2 г. ПЭПА	128	184,4
7	1 г. ФАЭД 40(20) + 0,2 г. ПЭПА	195,9	335,3
8	1 г. ФАЭД 30(20) + 0,2 г. ПЭПА	257,3	471,8
9	1 г. ФАЭД 20(20) + 0,2 г. ПЭПА	317	604,4
10	1 г. ФАЭД 10(20) + 0,2 г. ПЭПА	440	877,8
11	1 г. ФА + 0,2 г. ПЭПА	610	1255,6
12	1 г. ФАМЭД 90(20) + 0,2 г. ПЭПА	47	4,4
13	1 г. ФАМЭД 80(20) + 0,2 г. ПЭПА	64	42,2
14	1 г. ФАМЭД 70(20) + 0,2 г. ПЭПА	86	91,1
15	1 г. ФАМЭД 60(20) + 0,2 г. ПЭПА	104	131,1
16	1 г. ФАМЭД 50(20) + 0,2 г. ПЭПА	121	168,9
17	1 г. ФАМЭД 40(20) + 0,2 г. ПЭПА	170	277,8
18	1 г. ФАМЭД 30(20) + 0,2 г. ПЭПА	249	453,3
19	1 г. ФАМЭД 20(20) + 0,2 г. ПЭПА	286	535,6
20	1 г. ФАМЭД 10(20) + 0,2 г. ПЭПА	408	806,7
21	1 г. ФАМ + 0,2 г. ПЭПА	588	1206,7

Как можно видеть, увеличение в связующем фурановой составляющей значительно замедляет процесс желатинизации. При этом мономер ФАМ намного быстрее, нежели мономера ФА. Следует отметить тот факт, что это за-

медление процесса желатинизации приведёт к увеличению времени жизни компаунда и как следствие увеличится технологичность. Безусловно, это замедление потребует большего времени для полного отверждения. Также для компенсации этого замедления можно увеличить содержание отвердителя в компаунде.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Рассоха А.Н.* Влияние рецептурно-технологических факторов на структуру и свойства фураноэпоксидных полимерных систем // Вестник Белгородского гос. технол. ун-та им. В.Г. Шухова. 2013. № 1. С. 6-9.
2. Исследование механических свойств наполненных композиций и полимербетонов на основе смесей фурановых и эпоксидных смол / Кандырин Л. Б. [и др.] // Пластические массы. 2000. № 7. С. 34–37.
3. *Маматов Ю.М.* Фураноэпоксидные смолы / Ю.М. Маматов, Г.Д. Варламов. М.: ОНТИТЭИмикробиопром, 1979. С. 21.

**УНИВЕРСАЛЬНАЯ ПРЕСС-ФОРМА ДЛЯ  
ЛАБОРАТОРНОГО ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТА**

**П.А.Трутнев, В.В. Власов, А.Б. Ветошкин, С.В. Гудков**

Научный руководитель – **В.В. Власов**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Предложена конструкция универсальной пресс-формы, позволяющей изготавливать стандартные образцы для проведения физико-механических испытаний термопластичных материалов, получаемых методом литья под давлением на лабораторном термопластавтомате.*

***Ключевые слова:** пресс-форма, термопластавтомат, литье под давлением, термопластичный материал.*

**UNIVERSAL MOLDING FORM FOR LABORATORY  
INJECTION MOLDING MACHINE**

**P.A. Trutnev, V.V. Vlasov, A.B. Vetoshkin, S.V. Gudkov**

Scientific Supervisor – **V.V. Vlasov**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The design of a universal molding form is proposed, which allows the production of standard samples for physical and mechanical tests of thermoplastic materials, obtained by injection molding on a laboratory injection molding machine.*

***Keywords:** mold, injection molding machine, injection molding, thermoplastic material.*

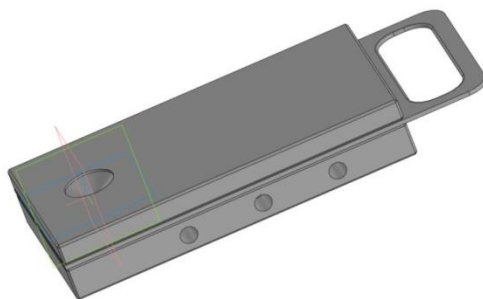
Получение образцов для проведения физико-механических испытаний термопластичных полимерных композиционных материалов является очень важным этапом исследований свойств и контроля качества материалов.

В большинстве действующих методик и стандартов проведения испытаний термопластичных полимерных композиционных материалов указывается на возможность получения образцов методом литья под давлением, четко регламентируются требования к образцам, но отсутствует четкая формулировка



ка требований к формующей оснастке. По большей части, это связано с широким ассортиментом оборудования (термопластавтоматов), на которых могут изготавливаться образцы с индивидуальными характеристиками узла впрыска материала [1-4]. Для решения этой задачи на лабораторном термопластавтомате с ручным приводом предлагается конструкция универсальной пресс-формы.

В процессе работы был проведен анализ действующих стандартов на испытания полимерных композиционных материалов, для которых образцы могут быть получены методом литья под давлением. Наиболее важными для исследований свойств материалов были выбраны данные, получаемые на основании стандартов [5-9] и определены 5 наиболее востребованных форм образцов, после чего была спроектирована 3D-модели пресс-формы, которая должна быть максимально проста в эксплуатации и давать стабильный результат. Проработав несколько проектов, был разработан, на наш взгляд, оптимальный, представленный на рис. 1.

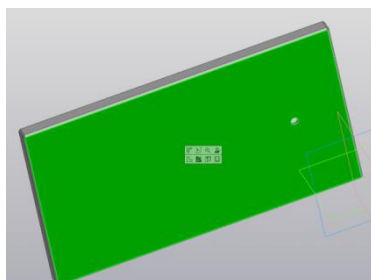
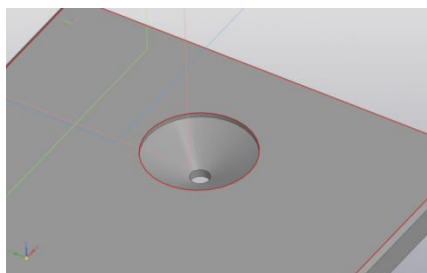


**Рис. 1. Пресс-форма для лабораторных образцов. Сборка**

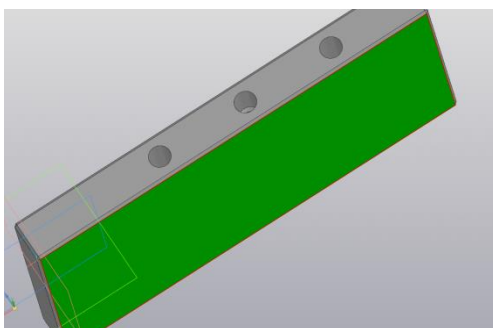
В работе использовались технологии разработки изделий методом 3D-моделирования в среде «КОМПАС».

Изделие состоит из трех деталей - верхней и нижней плиты и формообразующей вставки. В верхней плите имеется сквозное коническое отверстие для центровки и впрыска материала. Нижняя грань отполирована (рис. 2).

В нижней плите с торца имеются 2 сквозных отверстия, в которых нарезана резьба для установки фитингов для обеспечения циркуляции теплоносителя и глухое отверстие с нарезанной резьбой для установки термопары. Нижняя грань отполирована (рис. 3).

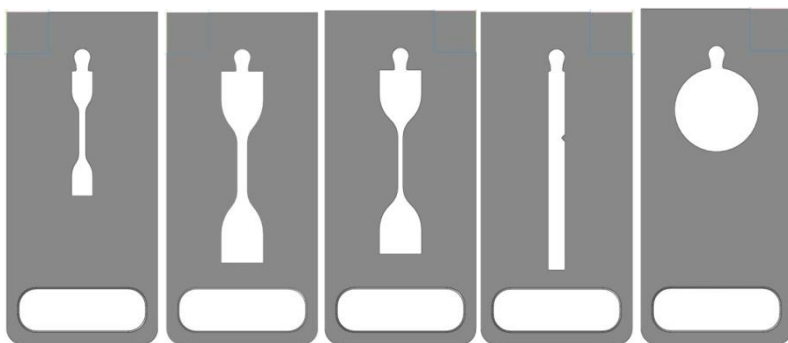


**Рис. 2. Конструктивные особенности верхней плиты пресс-формы**



**Рис. 3. Конструктивные особенности верхней плиты пресс-формы**

Деталь «Формообразующая вставка» содержит полную форму образца для проведения соответствующего испытания со строго регламентированными размерами (рис. 4).



**Рис. 4. Ассортимент детали «Формообразующая вставка»**

После окончательной проработки, модель была изготовлена на предприятии – партнере.

Финальным этапом стала проверка изделия в реальных условиях эксплуатации на экструзионном участке ЯГТУ, подтвердившая правильность конструкции (рис. 5).



**Рис. 5. Результаты проделанной работы**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы технологии переработки пластмасс: учебник для вузов / С.В. Власов [и др.]. М.: Химия, 2004. С. 438-476.
2. *Освальд Т.А.* Литье пластмасс под давлением / Т.А. Освальд, Л.Ш. Тунг, П.Дж. Грэмани; под ред. Э.Л. Калинчева. СПб.: Профессия, 2006. С. 82-265.
3. *Мэллой Р.А.* Конструирование пластмассовых изделий для литья под давлением / Р.А. Мэллой; пер. с англ. В.А. Брагинского. СПб.: Профессия, 2006. С. 24-161.
4. Производство изделий из полимерных материалов / В.К. Крыжановский [и др.]. СПб.: Профессия, 2008. С. 245-308.
5. ГОСТ 4647-2015 Пластмассы. Метод определения ударной вязкости по Шарпи
6. ОСТ 11262-2017 (ISO 527-2:2012) Пластмассы. Метод испытания на растяжение.
7. ГОСТ Р 54553-2011 Резина и термопластичные эластомеры. Определение упругопрочностных свойств при растяжении.
8. ОСТ 33693-2015 Пластмассы. Образцы для испытания.
9. ГОСТ 263-75 Резина. Метод определения твердости по Шору А.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ РЕЖИМОВ ЭКСТРУЗИИ НА СТРУКТУРУ ПОЛИЛАКТИДА

**П.А.Трутнев, В.В. Власов**

Научный руководитель – **В.В. Власов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Проведено исследование влияние температурных режимов экструзии полилактида (PLA) на его термодеструкцию*

*Ключевые слова:* полилактид (PLA),экструзия, ИК-Фурье спектр, термодеструкция.

## STUDY OF THE INFLUENCE OF TEMPERATURE REGIMES OF EXTRUSION ON THE STRUCTURE OF POLYLACTIDE

**P.A. Trutnev, V.V. Vlasov**

Scientific Supervisor – **V.V. Vlasov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The influence of temperature regimes of polylactide (PLA) extrusion on its thermal degradation is studied*

*Keywords:* polylactide (PLA),extrusion,IR-Fourier spectrum, thermal degradation.

Термопласты – это полимеры, у которых при нагревании не образуется поперечных химических связей и которые при некоторой, характерной для каждого полимера, температуре, могут многократно (повторно) размягчаться и переходить из твердого в пластическое состояние [1, 2].

В зависимости от своей структуры, каждый полимерный материал имеет свои режимы переработки. Особенно это касается процесса экструзии с получением профильной заготовки для дальнейшей технологической операции. На качество экструдата влияет множество факторов, главным из которых является максимальная температура процесса. Её превышение, как правило, ведет к термодеструкции материала и повышению его пластичности, что иногда позволяет существенно повысить производительность оборудования, в ущерб качеству получаемой продукции.

Таким образом, задача поиска предельных температур проведения процесса является весьма актуальной.

В ходе эксперимента на экструзионной линии для полимерных материалов WELBER XJ25 (рис. 1), были получены нити (филамент) для 3D-печати из PLA пластика диаметром 1,75 и 2,85 мм при максимальных рабочих температурах 190, 200 и 210 °С.



**Рис. 1. Общий вид экструзионной линии**

Для исследования деструкции и химических превращений материала в процессе переработки были проанализированы ИК спектры, полученные на приборе Perkin Elmer Spectrum Two методом МНПВО исходного сырья и переработанного материала. Как было установлено, видимых изменений структуры материала не происходит при температурах 190 и 200 °С. Однако, при температуре в 210 °С на спектрах заметны изменения в различных областях, особенно в районе волнового числа 1596 см<sup>-1</sup>. Химические превращения, происходящие в данном случае, подлежат дальнейшему изучению. Таким образом, максимальную температуру переработки PLA на экструдере рекомендуется принимать не более 200 °С.

В ходе проделанной работы, были подобраны оптимальные технологические параметры работы экструзионной линии, представленные в табл. 1, дающие наилучше качество филамента при отсутствии деструкции материала и незначительном снижении показателя ПТР.

**Таблица 1. Температурный режим для материалов по зонам нагрева**

Бункер-сушилка	Зона 1	Зона 2	Зона 3	Зона филиеры	Охлаждающая ванна
60 °С	200 °С	195 °С	190°С	185 °С	60 °С

На установке ПТР-ЛАБ-02 был определён ПТР (Показатель текучести расплава) для нитей и исходного сырья. Результаты представлены в табл. 2.

**Таблица 2. Результаты определения ПТР**

Показатель	Исследуемый образец		
	Исходное сырье	Нить калибром 1,75 мм	Нить калибром 2,85 мм
ПТР	2,87	3,1	3,0

В результате проделанной работы была отработана технология получения филамента для 3D-печати, проведено изучение свойств материала до и после процесса. Было показано, что ПТР при оптимальных режимах переработки изменяется незначительно. Результаты проведенного ИК спектрального анализа позволили определить предельную температуру переработки материала.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Основы технологии переработки пластмасс: учебник для вузов / С.В. Власов [и др.]. М.: Химия, 2004. 476 С.
2. Холден Г. Термоэластопласты / Г. Холден, Х.Р. Крихельдорф, Р.П. Куирк; пер. с англ. под ред. Л.Б. Смирнова. 3-е изд. СПб.: ЦОП Профессия, 2011. 720 с.
3. Производство изделий из полимерных материалов / В.К. Крыжановский [и др.]. СПб.: Профессия, 2008. С. 245-308.

## **ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫХ ПОЛИМЕРОВ В РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ НАГРУЖЕНИЯ**

**А.И. Иванова, Д.Р. Курдюбов, А.Б. Ветошкин, С.В. Гудков**

Научный руководитель - **А.Б. Ветошкин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрены деформационно-прочностные свойства полимерных пленок в различных режимах испытания. Показано, что в условиях сложнодеформированного состояния подавляется способность полимера к ориентационному упрочнению, что оказывает существенное влияние на прочностные свойства материала.*

***Ключевые слова:** термопласты, деформационно-прочностные свойства.*

## **DEFORMATION AND STRENGTH PROPERTIES OF FILMS BASED ON THERMOPLASTIC POLYMERS IN VARIOUS LOADING CONDITIONS**

**A.I. Ivanova, D.R. Kurdyumov, A.B. Vetoshkin, S.V. Gudkov**

Scientific Supervisor - **A.B. Vetoshkin**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article deals with the deformation and strength properties of films based on a combination of thermoplastic polymers in different conditions of deformation. It could be mentioned, the complex-stressed state of the polymer provides to mitigating of its to orientational hardening and crystallization and significantly effects on the strength properties of the material.*

***Keywords:** thermoplastics, deformation and strength properties.*

При разработке состава композиций на основе термопластичных полимеров чаще всего применяют стандартные методы оценки физико-механических характеристик, предполагающих в основном испытание материалов в условиях одноосного нагружения. В реальных же условиях эксплуатации материалы, как правило, находится в условиях сложнапряженного состояния, при котором отсутствует одно какое-либо преимущественное направление действия внешней силы. В материале, находящемся в таком состоянии,

затрудняется нормальное протекание ориентационных процессов, которые вносят основной вклад в формирование прочностных свойств полимеров, определяемых в условиях одноосного растяжения. Это, в свою очередь, в существенной, степени должно определять эксплуатационные характеристики некоторых видов изделий [1, 2]. В связи с этим представляло интерес сопоставить влияние ряда рецептурных факторов на прочностные свойства полимерных композиций в различных условиях деформирования.

В качестве объектов исследования в работе использовались два образца пленок, изготовленных на основе комбинации полипропилена (ПП) и различных типов полиэтилена высокого давления (ПЭВД). Содержание полимеров в образцах приведено в табл. 1.

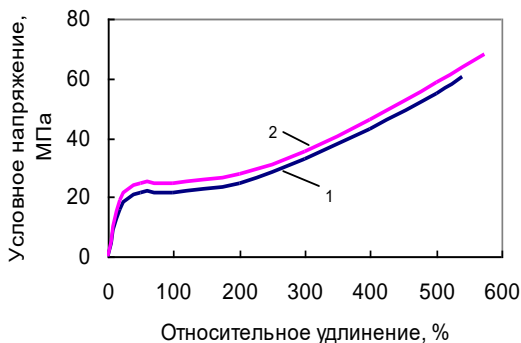
Деформационно-прочностные свойства пленок при одноосном растяжении определялись с использованием образцов в виде двухсторонних лопаток с шириной рабочего участка 6 мм. Испытание в условиях сложнапряженного состояния проводилось методом продавливания диафрагм стальным шарообразным индентором с использованием реверсивной приставки к разрывной машине FP-100/1. Степень деформации материала при этом оценивалась по относительному изменению площади образца  $\varepsilon_s$ , %.

**Таблица 1. Состав композиций на основе комбинации различных типов полиэтилена с полипропиленом**

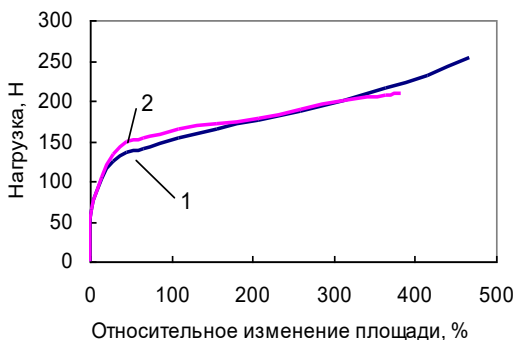
Компоненты	Содержание компонентов, % мас.	
	Шифр композиции	
	П-1	П-2
ПЭВД 15311	12,25	17,10
ПП 137	25,00	18,00
Металлоценовый ПЭ марки Exceed	24,00	63,00
Металлоценовый ПЭ марки DOW	35,00	-
Остальное	3,75	1,9

Деформационные кривые пленок, полученные в условиях одноосного растяжения и сложнапряженного деформирования, приведены на рис. 1 и 2. Из приведенных данных видно, что при одноосном растяжении на деформационной кривой можно четко выделить три участка. В начале происходит резкий рост напряжений, соответствующий деформации исходной надмолекулярной структуры материала, затем - горизонтальный участок, соответствующий «течению» материала, т.е. разрушению исходной структуры, и, наконец, достаточно быстрый рост напряжений,





**Рис. 1 Деформационные кривые пленок П-1 (1) и П-2 (2) в условиях одноосного растяжения**



**Рис. 2 Деформационные кривые пленок П-1 (1) и П-2 (2) в условиях сложнапряженного состояния**

обусловленный деформацией вновь образованной структуры, ориентированной вдоль направления растяжения. При этом материал П-2 проявляет большую способность к ориентационному упрочнению, вследствие чего прочность, условные напряжения и относительное удлинение при разрыве оказываются заметно больше, по сравнению с материалом П-1 (табл. 2).

**Таблица 2. Прочностные показатели пленок при одноосном растяжении**

Показатели	Шифр смеси	
	П-1	П-2
Условное напряжение при удлинении 100%, МПа	21,6	24,6
Условное напряжение при удлинении 300%, МПа	32,8	35,5
Условная прочность при растяжении, МПа	60,3	68,3
Относительное удлинение при разрыве, %	540	575

В то же время при испытаниях пленок в условиях сложнапряженного деформирования, участок деформационной кривой, соответствующий ориентационному упрочнению, в значительной степени вырождается – рост напряжений после разрушения исходной надмолекулярной структуры не превышает 50%. При этом материал П-2, проявлявший большую склонность к ориентационному упрочнению при одноосном растяжении, в данных условиях деформирования показывает значительно меньший уровень прочностных свойств по сравнению с П1 (табл. 3).

**Таблица 3. Прочностные показатели пленок в условиях сложноедеформированного состояния**

Показатели	Шифр смеси	
	П-1	П-2
Нагрузка при изменении площади 100%, Н	144,0	153,7
Нагрузка при изменении площади 300%, Н	191,2	183,3
Нагрузка при разрушении, Н	249,1	199,3
Изменение площади при разрыве, %	445	360

Таким образом, можно заключить, что при разработке рецептур полимерных композиций, предназначенных для производства изделий, работающих в условиях сложнапряженного состояния помимо стандартных методов определения упруго-прочностных свойств, необходимо использовать методы испытания, более корректно отражающие работу материалов в условиях эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Куделин Д.В.* Влияние условий испытаний на прочностные свойства тонкостенных резиновых изделий / Д.В Куделин, Т.Н. Несиоловская // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, 2020. №1. С. 78-84. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-1-78-84
2. *Несиоловская Т.Н.* Оценка прочностных свойств тонкостенных резиновых изделий в условиях сложноедеформированного состояния / Т.Н. Несиоловская, Д.В Куделин, А.Б. Ветошкин // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2012. Т. 55. Вып. 7. С. 97–100.

## **НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ РАВНОВЕСИЯ ЖИДКОСТЬ-ПАР ПРИ ЗАМЕНЕ РАСТВОРИТЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ ДЕПАРАФИНИЗАЦИИ**

**А.В. Дунаев, П.А. Кукушкин, А.В. Тарасов**

Научный руководитель – **А.В. Тарасов**, д-р хим. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются вопросы, возникающие при замене растворителя в процессе депарафинизации нефтяных масел в производстве КМ-2. Предлагается переход от смешанного растворителя метилэтилкетон-толуол на однокомпонентный растворитель метилизобутилкетон. Такой факт, как более высокая температура кипения метилизобутилкетона, может затруднить процесс регенерации. Эффективность процесса замены растворителя на метилизобутилкетон, сводится к сравнению относительной летучести толуола относительно метилизобутилкетона. Предлагаемая замена растворителя должна обеспечить улучшение показателей качества всех продуктов при отсутствии ухудшения их характеристик и производительности существующего оборудования.*

**Ключевые слова:** нефтяные масла, нефтяные парафины, метилэтилкетон, толуол, метилизобутилкетон, температурный эффект депарафинизации, температура застывания масел.

## **SOME ASPECTS OF LIQUID-VAPOR EQUILIBRIUM DURING THE CHANGE OF SOLVENT DURING DEPARAFFINIZATION**

**A.V. Dunaev, P.A. Kukushkin, A.V. Tarasov**

Scientific Supervisor – **A.V. Tarasov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

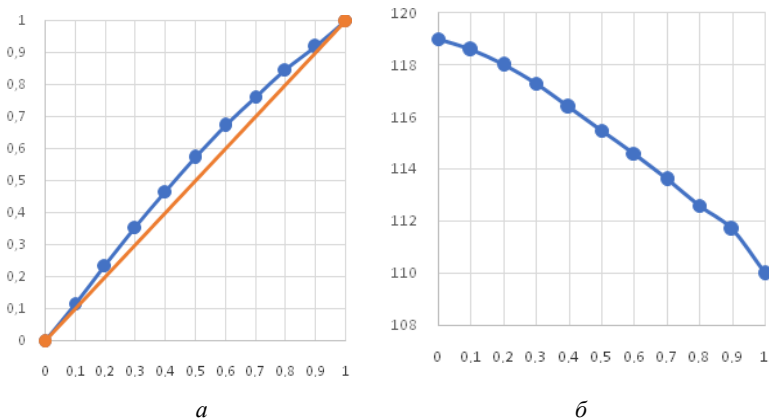
*The issues that arise when replacing the solvent in the process of dewaxing of petroleum oils in the production of KM-2 are considered. The transition from the mixed solvent methyl ethyl ketone-toluene to the single-component solvent methyl isobutyl ketone is proposed. Such a fact as a higher boiling point of methylisobutyl ketone can complicate the regeneration process. The efficiency of the process of replacing the solvent with methylisobutyl ketone is reduced to comparing the relative volatility of toluene relative to methylisobutyl ketone. The proposed replacement of the solvent should provide an improvement in the quality of all products, without compromising their performance and the*

*performance of existing equipment.*

**Keywords:** *petroleum oils, petroleum paraffins, methyl ethyl ketone, toluene, methyl isobutyl ketone, temperature effect of dewaxing, pour point of oils.*

Согласно литературным данным и предварительным исследованиям, замена бинарного растворителя метилэтилкетон (МЭК)-толуол на метилизобутилкетон (МИБК) в процессе депарафинизации нефтяных дистиллятных и остаточного масла положительно сказывается на качестве получаемой продукции. Однако более высокая температура кипения (118 °С) по сравнению с температурой кипения толуола (110 °С) и особенно МЭК (80 °С) может сделать более затратной или менее эффективной регенерацию растворителей и очистку от них товарных масел и парафинов. С целью более детального изучения данного вопроса расчетным путем были получены данные о равновесии жидкость-пар в некоторых модельных бинарных смесях, образующихся в процессе регенерации растворителя из очищенных с его помощью масел и парафинов.

Очевидно, что при сравнении летучести МЭК, толуола и МИБК МЭК окажется значительно более летучим соединением, и при регенерации растворителя МЭК в паровую фазу переходит значительно легче и при более низких температурах, чем и толуол, и тем более МИБК. Об этом сейчас речь не идет. Однако при регенерации бинарного растворителя МЭК-толуол окончательная очистка масел и парафинов от растворителя зависит от легкости отделения от масел не МЭК, а более тяжело кипящего толуола. В случае замены бинарного растворителя на МИБК окончательная очистка масел и парафинов будет зависеть от относительной летучести толуола и МИБК друг относительно друга, причем не столько в бинарной смеси, сколько в смеси с парафинами нормального и изостроения, составляющими значительную часть масляной фракции, уже подвергнутой обработке N-метилпирролидоном для извлечения нежелательных в масле ароматических и полициклических компонентов. На рис. 1 показана рассчитанная с помощью метода UNIFAC и общеизвестных зависимостей кривая равновесия жидкость-пар для бинарной смеси толуол-МИБК и зависимость температуры кипения смеси от мольной доли толуола в ней. Несмотря на близкую летучесть и температуру кипения этих соединений, содержание МИБК в парах хоть и незначительно, но выше чем у толуола, и необходимая температура нагрева смеси на всем интервале концентраций МИБК выше температуры кипения толуола. Первоначальный вывод из этих наблюдений говорит о большей сложности отделения (отгонки, отпарки) МИБК от масел и парафинов по сравнению с толуолом, и, очевидно, о необходимости увеличивать затраты на разделение при переходе с бинарного растворителя МЭК-толуол на чистый МИБК.



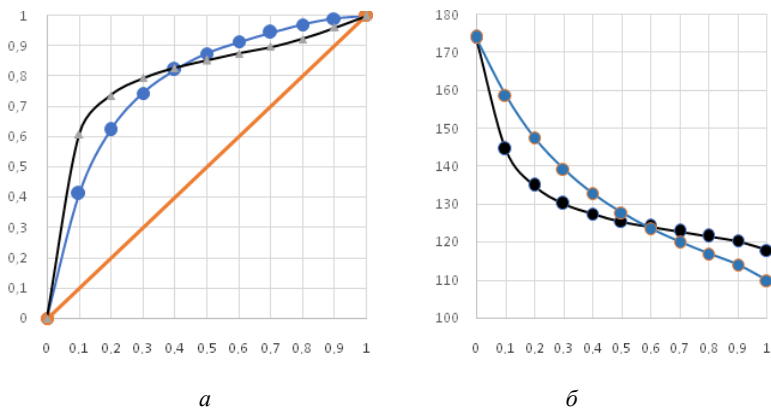
**Рис. 1. Кривая равновесия жидкость-пар в бинарной смеси толуол-МИБК. Y-X диаграмма (а) и зависимость температуры кипения смеси от мольной доли толуола в смеси (б)**

Однако, как уже говорилось, относительная летучесть МИБК и толуола между собой не так влияет на сложность очистки масел и парафинов, как относительная летучесть МИБК и толуола в присутствии парафинистых компонентов класса алканов и нафтендов.

Для изучения этого вопроса расчетным методом было изучено равновесие жидкость-пар в бинарных смесях толуола и МИБК с модельным соединением, наиболее близко отражающим основной состав парафинов и масел, а именно с деканом. Выбор декана, а не более тяжело кипящих его гомологов, обусловлен наглядностью изображения результатов в графической форме.

На рис. 2 показана рассчитанная с помощью метода UNIFAC и общеизвестных зависимостей [1] кривая равновесия жидкость-пар для бинарных смесей толуол-декан и МИБК-декан, а также зависимость температуры кипения этих смесей от мольной доли толуола и МИБК в них.

Очевидно, что несмотря на более высокую температуру кипения МИБК по сравнению с толуолом, летучесть МИБК при концентрациях до 60% мол.д. выше, чем летучесть толуола! А это значит, что, несмотря на более высокую температуру кипения МИБК при его концентрации в маслах и парафинах от 0 до 60%, он отгоняется из этих продуктов легче, чем толуол. Таким образом, полная регенерация МИБК из растворов масел и парафинов происходит легче, чем полная регенерация толуола, что не создает препятствий при замене бинарного растворителя МЭК-толуол в процессе депарафинизации на МИБК.



**Рис. 2.** Кривые равновесия жидкость-пар в бинарных смесях толуол-декан (синий цвет) и МИБК-декан (черный цвет).  $Y-X$  диаграмма (а) и зависимость температуры кипения смеси от мольной доли толуола и МИБК в бинарных смесях с деканом (б)

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рид Р. Свойства газов и жидкостей. Справочное пособие / Р. Рид, Т. Шервуд, Дж. Праусниц. 3-е изд., перераб. и доп. Л.: Химия, 1982 582 с.

## **О ПОВЕРХНОСТИ КОНТАКТА ФАЗ В СМЕСИТЕЛЕ ГАЗОЖИДКОСТНОГО ЭЖЕКЦИОННОГО АППАРАТА**

**Н.С. Кан, Т.Т. Нургазизова, О.Н. Кораблева**

Научный руководитель – **В.К. Леонтьев**, канд. техн. наук, доцент;

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрена методика расчета межфазной поверхности контакта фаз в смесителе газожидкостного эжекционного аппарата. Выполнен расчет и проведено сравнение величины межфазной поверхности в смесителе и реакционном объеме аппарата.*

**Ключевые слова:** поверхность контакта фаз, газожидкостный эжекционный аппарат, порозность, газосодержание.

## **ON THE PHASE CONTACT SURFACE IN THE MIXER OF A GAS-LIQUID EJECTION DEVICE**

**N.S. Kan, V.K. Leontiev, O.N. Korableva**

Scientific Supervisor – **V.K. Leontiev**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

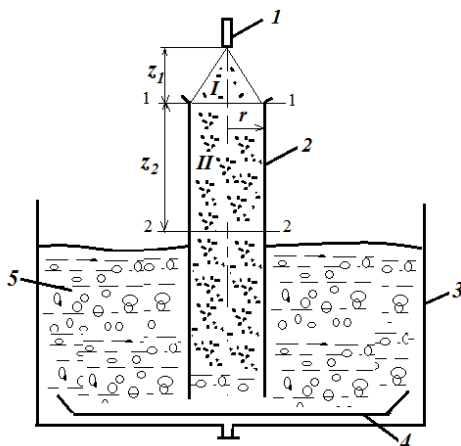
Yaroslavl State Technical University

*The method of calculating the interfacial surface of the phase contact in the mixer of a gas-liquid ejection device is considered. The interfacial surface in the mixer and the reaction volume of the apparatus are calculated and compared.*

**Keywords:** phase contact surface, gas-liquid ejection apparatus, porosity, gas content.

Определение величины поверхности контакта фаз необходимо при расчете тепло- и массообменных процессов. Однако ее нахождение связано с большими трудностями, обусловленными сложной гидродинамикой газожидкостных эжекционных аппаратов.

В газожидкостном аппарате с эжекционным диспергированием газа, схема которого представлена на рис. 1, основными зонами, в которых происходит контакт газа с жидкостью, являются реакционный объем 5 и смеситель 2.



**Рис. 1. Схема газожидкостного аппарата с эжекционным диспергированием газа:**

- 1 - форсунка; 2 - смеситель; 3 - корпус; 4 - диспергатор;  
5 - реакционный объем; I - инъекционная область;  
II - эжекционная область

В реакционном объеме поверхность контакта фаз определяется поверхностью газовых пузырей, в смесителе - поверхностью капель. Во многих работах поверхность контакта фаз определялась или химическим способом («сульфитная методика») или физическим - фотографированием реакционного объема. В первом случае определялась общая поверхность контакта фаз, во втором - поверхность контакта фаз в реакционном объеме.

Целью работы является определение величины поверхности контакта фаз в смесителе газожидкостного эжекционного аппарата и сравнение ее с поверхностью контакта фаз в реакционном объеме.

В двухфазном потоке [1] смесителя можно выделить две области: I - инъекционная область (свободный факел); II - эжекционная область (стесненный факел), в котором стенки смесителя смачиваются жидкостью.

Для газожидкостного потока в смесителе справедливо уравнение

$$V_c = S_c \cdot \frac{1}{6} d_k,$$

где  $V_c$  - объем всех капель, находящихся в смесителе, м<sup>3</sup>;

$S_c$  - поверхность всех капель, находящихся в смесителе, м<sup>2</sup>;

$d_k$  - диаметр капель, м.

Объем  $V_c$  всех капель, находящихся в эжекционной зоне зависит от порозности.



В работе [1] проведен анализ порозности стесненного факела и получена расчетная формула для определения межфазной поверхности в инжекционной и эжекционной областях:

$$S_{\text{и}} = \frac{6Q_{\text{ж}}}{v_{\text{ж}} \cdot d_k} - \left( z_1 + \frac{m \cdot z_1^2}{2} \right),$$

$$S_{\text{э}} = \frac{4Q_{\text{ж}}(z_2 - z_1) \cdot (1 + m \cdot z_1)}{v_{\text{ж}} \cdot d_k} \cdot [z + n(z_2 - z_1)],$$

где  $Q_{\text{ж}}$  - объемный расход жидкости, м<sup>3</sup>;

$v_{\text{ж}}$  - скорость жидкости на выходе из сопла форсунки, м/с;

$m$  - величина, которая зависит от гидродинамических параметров факела в начальном сечении;

$n$  - величина, которая определяется параметрами двухфазного потока в сечении 1-1 факела в начальном сечении.

Методика расчета величин  $m$  и  $n$  приводится в работе [1].

В процессе работы был проведен расчет поверхности контакта фаз в смесителе для газожидкостного эжекционного аппарата диаметром 0,3 м, диаметром смесителя 10 мм и давлении на форсунке 0,4 и 0,6 МПа.

Значения межфазной поверхности в инжекционной области составила от 0,015 до 0,02 м<sup>2</sup>, в эжекционной от 0,5 до 0,06 м<sup>2</sup>. Общая поверхность контакта фаз в смесителе от 0,065 до 0,08 м<sup>2</sup>.

С учетом объема смесителя удельная поверхность контакта фаз составила 1400–1800 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>.

Для реакционного объема удельная поверхность контакта фаз изменяется в пределах от 1000 до 2000 м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup> [2].

Значения удельной поверхности контакта фаз в обеих зонах практически одинаковы, однако величина межфазной поверхности в реакционном объеме на два-три порядка больше, чем в смесителе, что обусловлено большими размерами реакционного объема аппарата.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Басаргин, Б.Н. К расчету поверхности фазового контакта в распыливающих аппаратах / Б.Н. Басаргин, В.В. Власов, В.И. Каталов // Массообменные и теплообменные процессы химической технологии: Сб. науч.тр. Яросл. политехн. ин-та. Ярославль. 1975. С. 14–18.
2. Леонтьев, В.К. О поверхности контакта фаз в газожидкостном эжекционном аппарате / В.К. Леонтьев, О.Н. Кораблева // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2014. № 8. С. 84–86.

## **О ЗАМЕНЕ РАСТВОРИТЕЛЯ В ПРОЦЕССЕ ПОЛУЧЕНИЯ ТОВАРНЫХ МАСЕЛ, ПАРАФИНОВ И ЦЕРЕЗИНОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ КМ-2**

**П.А. Кукушкин, А.В. Дунаев, А.В. Тарасов**

Научный руководитель – **А.В. Тарасов**, д-р хим. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются вопросы, возникающие при замене растворителя в процессе депарафинизации нефтяных масел в производстве КМ-2. Предлагается переход от смешанного растворителя метилэтилкетон-толуол на однокомпонентный растворитель метилизобутилкетон. Технологические особенности процесса требуют обеспечения качества получаемой продукции, обеспечения работоспособности оборудования при переходе на новый растворитель, расчета тепловых и материальных балансов процесса на каждом его этапе. Особенностью организации процесса на КМ-2 является одновременная параллельная работа трех линий по очистке масел и обезмасливаю парафинов, при этом предлагаемая замена растворителя должна обеспечить улучшение показателей качества всех продуктов при отсутствии ухудшения их характеристик и производительности существующего оборудования.*

**Ключевые слова:** нефтяные масла, нефтяные парафины, метилэтилкетон, толуол, метилизобутилкетон, температурный эффект депарафинизации, температура застывания масел.

## **ON REPLACEMENT OF SOLVENT IN THE PROCESS OF OBTAINING COMMODITY OILS, PARAFFINS AND CERESINES IN THE PRODUCTION OF KM-2**

**P.A. Kukushkin, A.V. Dunaev, A.V. Tarasov**

Scientific Supervisor – **A.V. Tarasov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The issues arising from the replacement of the solvent in the process of dewaxing of petroleum oils in the production of KM-2 are considered. A transition from a mixed solvent methyl ethyl ketone-toluene to a single-component solvent methyl isobutyl ketone is proposed. The technological features of the process require ensuring the quality of the products*

*obtained, ensuring the operability of the equipment when switching to a new solvent, calculating the heat and material points.*

**Keywords:** *petroleum oils, petroleum paraffins, methyl ethyl ketone, toluene, methyl isobutyl ketone, temperature effect of dewaxing, pour point of oils.*

Нефтяные дистиллятные и остаточные масла, различные марки парафинов и церезина являются ценными продуктами переработки нефти, широко используемыми в различных отраслях промышленности, строительстве, медицины. Одной из важных стадий при их получении является стадия депарафинизации предварительно выделенных дистиллятных фракций нефти, выкипающих в интервале температур от 330 до 420 °С (фракция 330-420), от 420 до 490 °С (фракция 420-490) и остаточной масляной фракции (выше 490 °С).

К получаемым маслам и твердым продуктам (парафинам и церезинам) предъявляются достаточно жесткие требования по целому ряду показателей. На этапе отделения масел от парафинов необходимо обеспечить выполнение таких показателей, как температура застывания депарафинизированного масел и температура плавления парафинов и церезинов. Оба данных параметра связаны с качеством очистки масел от парафинов, а парафинов соответственно от масел. Сам процесс депарафинизации заключается в охлаждении раствора масла в специальном растворителе депарафинизации до отрицательных температур, целью которого является кристаллизация парафинов и выпадение их в осадок с последующей фильтрацией осадка парафинов от масел, и отмывки парафинов от унесенных жидких продуктов (остатка масел и низкоплавких парафинов). Из всех полученных продуктовых потоков (7 потоков) используемый растворитель должен быть регенерирован и направлен в рецикл.

Традиционным растворителем, применяемым для данной цели в производстве КМ-2, является бинарный растворитель, смесь метилэтилкетона (МЭК) и толуола в соотношении 60/40. Недостатками данного растворителя являются высокая растворимость воды в нем (вода ухудшает качество масел и парафинов, приводит к забивке фильтров и обмерзанию оборудования), а также достаточно высокое значение температурного коэффициента депарафинизации. Это разница между температурой охлаждения масла в растворителе и температурой застывания товарного масла после отделения растворителя. Дополнительным недостатком является тот факт, что МЭК относится к веществам – прекурсорам, свободный оборот которых ограничен.

По литературным данным указанных недостатков в той или иной степени не имеет более современный предлагаемый растворитель – метилизобутилкетон (МИБК). Однако имеющиеся в литературе указания на возможность положительного эффекта замены растворителя не содержат конкретных сведений о необходимых изменениях в технологии и оборудовании достаточно сложного многостадийного и взаимосвязанного

процесса, которым является производство КМ-2.

Основными стадиями процесса депарафинизации является охлаждение смеси масла и растворителя, кристаллизация парафинов, фильтрация первичного твердого продукта (гача), промывка лепешки парафина от унесенного масла с возвратом фильтрата депарафинизации в рецикл, обезмасливание парафина с получением фильтрата обезмасливания и регенерация растворителя из всех полученных потоков масел, твердых парафинов, фильтратов обезмасливания. Для окончательного принятия решения о возможности замены растворителя необходимы дополнительные экспериментальные и расчетные исследования.

Предварительный анализ изменений свойств заменяемых растворителей и их смесей с нефтепродуктами показал сложный характер их влияния на возможные параметры процесса. Так, для обеспечения нормальной работы перекачивающего и емкостного оборудования необходимо сохранить прежнее соотношение исходного масла и растворителя по объему (в основном 1 к 3). При этом плотность МИБК ниже, чем у используемого растворителя, а вязкость, особенно при низких температурах, выше. Это может негативно сказаться на скорости фильтрации осадка.

С точки зрения тепловых процессов, объемные теплоемкости у МИБК и используемого растворителя практически равны, а теплота парообразования у МИБК ниже. Подобные изменения не должны отрицательно сказаться на эффективности тепловых процессов и тепловых затратах на перегонку и ректификации растворителей. Однако более высокая температура кипения МИБК (118 °С) по сравнению с температурой кипения толуола (110 °С) и особенно МЭК (80 °С) может сделать более затратной или менее эффективной регенерацию растворителей и очистку товарных масел и парафинов (в первую очередь по показателю температура вспышки). Таким образом, однозначного вывода о возможности беспроблемной замены растворителя на основании свойств индивидуальных продуктов сделать нельзя. Было принято следующее решение. Те показатели, которые не поддаются надежному моделированию и расчету, необходимо проверить в лабораторных условиях, а показатели, которые могут быть рассчитаны, в том числе с использованием современных пакетов прикладных программ для моделирования технологических процессов, будут смоделированы в пакете PetroSYM,

Экспериментальная проверка необходима для не поддающихся расчету параметров процесса, к которым относится сам процесс кристаллизации, время (скорость) фильтрации, скорость промывки парафинов, выход масел, парафинов (церезина), промежуточных фильтратов депарафинизации и обезмасливания. Тепловые процессы (нагрев, охлаждение, испарение, кристаллизация), однократное испарение, ректификация и отпарка остатков растворителя из масел, парафинов, фильтрата обезмасливания и водяного конденсата, образующегося из водяного пара, применяемого для отпарки, вполне могут быть смоделированы в пакете PetroSYM.

Предприятием были предоставлены необходимые образцы производства, часть исследований проводилась в лабораториях ЯГТУ, часть исследований и анализов в лаборатории ПАО «Славнефть-ЯНОС». Была разработана экспериментальная лабораторная установка и технология, максимально приближенная к условиям процесса на предприятии, на которой были экспериментально изучены процессы кристаллизации, фильтрации, депарафинизации полученных твердых продуктов с определением их выхода и необходимых перечисленных ранее временных показателей.

В пакете PetroSYM была составлена модель оставшейся части производства (отделение регенерации растворителя), достаточно адекватно отображающая результаты обследования действующей установки. По модели были найдены (определены) и зафиксированы основные параметры теплообменного и разделительного оборудования действующего производства. После этого в модели была проведена замена растворителя и проведен повторный расчет всего оборудования отделения регенерации при зафиксированных показателях эффективности оборудования. Анализ полученных результатов показал, что, несмотря на отмеченные различия в физико-химических свойствах заменяемого растворителя качество получаемых продуктов не ухудшилось, энергозатраты не увеличились, модернизация и дополнительное оборудование не требуются, а по некоторым показателям эффективность процесса и качество продукции даже улучшились. Полученные результаты после оформления работы будут переданы на предприятие.

## ТЕХНОЛОГИЯ, МАТЕРИАЛЫ НАСТЕННОЙ ЖИВОПИСИ И ИКОНОПИСИ И ИХ РАСШИФРОВКА

**Е.В. Емельянова, А.В. Ивахненко, Е.А. Индейкин,  
А.Е. Терешко**

Научный руководитель – **Е.А. Индейкин**, канд. хим. наук,  
профессор; **А.Е. Терешко**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Отработаны методики потенциометрического титрования для определения содержания железа и меди и определения наличия белка в образцах настенной живописи.*

***Ключевые слова:** настенная живопись, иконопись, потенциометрическое титрование, исследование образцов, ионы железа, ионы меди, содержание белка.*

## TECHNOLOGY, MATERIALS OF WALL PAINTING AND ICON PAINTING AND THEIR INTERPRETING

**E.V. Emelyanova, A.V. Ivakhnenko, E.A. Indeikin,  
A.E. Tereshko**

Scientific Supervisor – **E.A. Indeikin**, Candidate of Chemical Sciences, Professor; **A.E. Tereshko**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The methods of potentiometric titration to determine the content of iron and copper and to determine the presence of protein in samples of wall paintings were worked out.*

***Keywords:** wall painting, icon painting, potentiometric titration, sample research, iron ions, copper ions, protein content.*

Живопись - это вид изобразительного искусства, представляющий собой способ запечатления окружающего мира красками на поверхности [1].

Фреска - ("fresco" - свежий) - техника монументальной живописи водяными красками по сырой, свежей штукатурке. Грунтовка и закрепляющее (связующее) вещество представляют собой одно целое (известь), поэтому краски не осыпаются. Долговечность росписей фресковой должна быть равной

амортизационным срокам службы сооружений, ограждающие конструкции которых послужили основанием для фрески. Для фресковой росписи применяют природные и искусственные щелочестойкие сухие пигменты. Роспись по свежей штукатурке требует быстрого исполнения и исключает возможность внесения исправлений в сделанную ранее роспись [2]. В иконописи с древних времен использовали растопленный воск как связующее для красок (энкаустика) - сухих пигментов (пигмент мог быть получен при растирании камней (минералов и земель), металлов (золота, серебра, окиси свинца), остатков органического происхождения (корешков и веточек растений) насекомых, высушенных и измельченных, или выварен из окрашенных тканей (пурпура, индиго). Используемая позднее яичная темпера, ближе по своему характеру к акварели или акрилу. Красочный слой в яичной темпере менее текстурный и плотный, более прозрачный, более легкий. Яичной эта темпера называется потому, что в качестве основы для связующего используется желток куриного яйца.

Знание особенностей иконописной техники и настенной живописи неразрывно связано с основными знаниями материалов, используемых мастерами в своей работе [3]. Это особенно важно при организации и проведении реставрационных работ.

Для идентификации пигментного состава образцов живописи могут применяться качественные реакции и количественные пробы. Поскольку одними из наиболее распространенных пигментов, используемых в составе живописи, были железосодержащие пигменты (охры, железный сурик, железная лазурь) и медьсодержащие пигменты (медянка, малахит), необходимо отработать методику количественного определения содержания железа и меди в образцах живописи для эффективного составления плана реставрационных работ настенной живописи и икон.

В связи с этим нами была отработана методика потенциометрического анализа для определения содержания железа и меди в образцах живописи. Потенциометрическое титрование объединяет способы определения конечной точки титрования (к. т. т.), основанные на зависимости потенциала индикаторного электрода от объема, добавленного титранта. Методы потенциометрического титрования позволяют находить концентрацию определяемого компонента даже в присутствии мешающих ионов, если титрант селективно взаимодействует с определяемым веществом [4].

Для проведения экспериментов использовалась методика для определения ионов в образце [5].

Сначала нами была отработана методика потенциометрического титрования на модельных объектах: медный купорос и железный купорос. Установлено, что данный метод анализа позволяет определять концентрацию ионов железа и меди в растворе исследуемого образца. Затем мы проанализировали образцы настенной живописи (отщипы) из Церкви в честь иконы Божией Матери «Одигитрия» Смоленской, поселок Выездное, Арзамаского района, Нижегородской области. В образце живописи с участком изображения земного

колера одежд (красочный слой зеленого цвета) установили содержание ионов меди по отработанной методике потенциометрического титрования, что свидетельствует о применении малахита (основной карбонат меди) в составе данного образца. В образце с участком изображения красных одежд (красочный слой красного цвета) установлено содержание ионов железа, что свидетельствует о применении железооксидного пигмента (железный сурик, охра) при получении исследуемой краски.

Кроме того, важной составляющей расшифровки состава образцов настенной живописи и иконописи является определение связующего красочных слоев. Поскольку в составе живописи часто использовался животный клей, рыбный клей, казеин, нами была отработана методика определения наличия белка в составе образцов живописи с использованием биуретовой пробы.

Таким образом, в результате проведенных исследований нами была отработана методика потенциометрического титрования определения содержания железа и меди и методика определения наличия белка в образцах живописи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Veryimportantlot. Живопись: ее виды, стили, жанры, техника и история возникновения, 2019. URL: <https://veryimportantlot.com/ru/news/blog/zhivopis-ee-vidy-i-istoriya-vozniknoveniya>.
2. Historius. Жуковская Д. Техника фрески. URL: <https://historicus.ru/211/>.
3. «Технология иконописи»: статья / Сайт иконописца Владимира Фронтинского. URL: <https://azbyka.ru/frontinskiy/tehnologiya-ikonopisi>.
4. Электрохимические методы анализа: руководство к лабораторному практикуму: учеб.-метод. пособие / Л.К. Неудачина, Ю.С. Петрова, Н.В. Лакиза, Е.Л. Лебедева; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 136 с.
5. Грива В.А. Справочник химика, том IV: учеб.-изд. л. / З.И. Грива, В.А. Коц, С.Л. Томарченко: Изд-во «Химия», 1965. 920 с.



## ПОЛУЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗООКСИДНЫХ ПИГМЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Я.В. Кудрявцев, А.Н. Колосова, А.Е. Терешко**

Научный руководитель – **А.Е. Терешко**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Исследован процесс получения железооксидных пигментов из гранулированного оксида железа и железной руды – отходов металлургического производства.*

**Ключевые слова:** *железооксидные пигменты, седиментация, диспергирование, маслосмкость, укрывистость.*

## OBTAINING IRON OXIDE PIGMENTS FROM WASTE OF METALLURGICAL PRODUCTION

**Y.V. Kudryavtsev, A.N. Kolosova, A.E. Tereshko**

Scientific Supervisor – **A.E. Tereshko**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The process of obtaining iron oxide pigments from granular iron oxide and iron ore - waste of metallurgical production was investigated.*

**Keywords:** *iron oxide pigments, sedimentation, dispersion, oil absorption, hiding power.*

Железооксидными пигментами называют пигменты, окраска которых обусловлена присутствием в них одного из оксидов железа. По химическому составу железооксидные пигменты представляют собой окись железа (III), гидрат окиси железа (III) или смешанный окисел  $Fe_2O_4$ . Эти соединения в чистом виде, в смеси между собой и в смеси с наполнителем представляют собой весь комплекс железооксидных пигментов (желтые, красные черные, коричневыми). Железооксидные пигменты обладают высокой укрывистостью и интенсивностью, они стойки к действию света, солей, слабых кислот и щелочей, непрозрачны для ультрафиолетовых лучей и придают красочной пленке значительную механическую прочность и непроницаемость для влаги (красные пигменты обладают термостойкостью). Их смеси с цинковым кроном и свинцовым суриком стойки к коррозии [1, 2].

Но в связи с острым дефицитом металлического железа актуальной задачей является разработка технологии получения железооксидных пигментов путем переработки отходов металлургических предприятий, содержащих железо и его оксиды.

Объектами исследования в данной работе стали образцы гранулированного оксида железа, образованного на ПАО «Северсталь» и железной руды из Яковлевского горно-обогатительного комплекса.

Первостепенным вопросом для начала исследований гранулированного оксида железа и руды стал вопрос возможности их диспергирования. Для этого были изучены процессы диспергирования такого оксида железа и руды в водной и масляной фазах с помощью ультразвукового диспергатора и при помощи бисерной мельницы, а также изучено диспергирование механическим (сухим) способом. Для измельченных оксида железа и руды проведены исследования пигментных свойств. Методом седиментационного анализа получены кривые распределения частиц по размеру и определен наивероятнейший размер частиц. Кроме того, определены маслосемкость первого рода, содержание железа методом йодометрического титрования и укрывистость. Результаты проведенных экспериментов сведены в табл. 1.

**Таблица 1. Пигментные свойства объектов исследования**

Объект исследования	Средний размер частиц, мкр	Содержание железа, %	Маслосемкость, г/100 г	Укрывистость, г/мм <sup>2</sup>
Гранулированный оксид железа	3	46,6	6,37	40,105
Железная руда	2	75,5	10,27	55,505

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что в результате диспергирования исследованные гранулированный оксид железа и железная руда приобретают технические свойства железооксидного пигмента и могут быть проведены исследования получения лакокрасочных материалов, наполненных такими пигментами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Беленький Е.Ф.* Химия и технология пигментов» / Е.Ф. Беленький, И.В. Рискин. 4-е изд. М.: Изд-во «Химия», 1974. 369 с.
2. *Индейкин Е.А.* Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы»: учеб. пособ. для вузов / Е.А. Индейкин, П.И. Ермилов, И.А. Толмачев. М.: Изд-во «Химия», 1987.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПИГМЕНТНЫХ СВОЙСТВ  
ЖЕЛЕЗОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ  
ОСКОЛЬСКОГО ЗАВОДА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО  
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

**Д.А. Ободков, А.А. Васялина, И.В. Голиков, А.Е. Терешко**

Научный руководитель - **И.В. Голиков**, д-р хим. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается процесс создания лакокрасочных материалов с использованием железосодержащих отходов деятельности Оскольского завода металлургического машиностроения.*

**Ключевые слова:** окиси металлов, оксиды железа, лакокрасочные покрытия, антикоррозионные свойства.

**SYNTHESIS AND STUDY OF THE PIGMENT PROPERTIES  
OF THE CALCINATION PRODUCT OF A MIXTURE  
OF BEGHOUSE DUST AND DOLOMITE**

**D.A. Obodkov, A.A. Vasyalina, A.E. Tereshko, I.V. Golikov**

Scientific Supervisor - **I.V. Golikov**, Doctor of Chemical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The process of creating paints and varnishes using iron-containing waste from the activities of the Oskol metallurgical engineering plant was considered.*

**Keywords:** metal oxides, iron oxides, coating, anti-corrosion properties.

В результате работы Оскольского металлургического завода образуется большое количество отходов, которые требуют разработки способов утилизации. [1].

Целью работы является исследование пигментных свойств отходов Оскольского металлургического комбината, которые представляют собой окислы различных металлов, большую долю из которых составляют оксиды железа (51,3–59,3% мас.), а также исследование возможности применения таких отходов в качестве железоксидного пигмента при создании лакокрасочного материала.

Объектами исследования являются отходы Оскольского металлургического комбината, обозначенные марками F69-01, F69-02, F66-02 КР+Ц.

Для определения применимости отходов металлургического производства в качестве железоксидного пигмента нами проведены исследования технических пигментных свойств: методом седиментационного анализа определено распределение по размерам частиц и наивероятнейший размер частиц, маслосмкость первого рода и значение укрывистости исследованных образцов. Результаты приведены в таблице 1 [2, 3].

**Таблица 1. Пигментные свойства отходов металлургического комбината**

Марка отхода	Размер частиц, мкм	Маслосмкость первого рода, г/100г	Укрывистость, г/м <sup>2</sup>
F69-01	1,8	28,4	10,4
F69-02	4,6	21,25	16,1
F66-02 КР+Ц	6,4	21,75	13,1

Данные таблицы 1 свидетельствуют, что данные образцы отходов обладают пигментными свойствами и могут использоваться при получении лакокрасочных материалов. В связи с этим нами проведены исследования, получения лакокрасочных композиций на основе алкидного лака ПФ-060 и этих образцов отходов. На основе таких композиций получены покрытия и исследованы их свойства: адгезия, стойкость к удару, водостойкость, противокоррозионные свойства и блеск, в зависимости от наполнения покрытия пигментом.

**Таблица 2. Свойства покрытий с 20%-ным содержанием отходов**

Марка отхода	Блеск	Прочность на удар, см	Адгезия, балл
F69-01	45-54	50	1
F69-02	50-64	50	1
F66-02 КР+Ц	23-60	50	1

В результате проведенных исследований убедительно показана возможность применения отходов Оскольского металлургического комбината в качестве железоксидного пигмента для лакокрасочных материалов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафиуллий М.И. Синтез и исследование пигментных свойств продукта прокаливания смеси бегхаузной пыли и доломита / М.И. Сафиуллий, С.И. Степин // Вестник Казанского технол. ун-та. 2011. №11. С. 130-132.
2. Горловский И.А. Лабораторный практикум по пигментам и пигментированным лакокрасочным материалам / И.А. Горловский, Е.А. Индейкин, И.А. Толмачев. Л.: Изд-во «Химия», Ленинградское отделение, 1990.
3. Ермилов П.И. Пигменты и пигментированные лакокрасочные материалы / П.И. Ермилов, Е.А. Индейкин, И.А. Толмачев. Л.: Изд-во «Химия», Ленинградское отделение, 1987.

## **ХИМИЧЕСКИЕ ИСТОЧНИКИ ТОКА - РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО**

**Е.В. Нестерук, А.В. Павлов**

Научный руководитель – **А.В. Павлов**, канд. технич. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Создавая определенную направленность электрического поля от химических источников тока, можно замедлять рост стебля борщевика Сосновского или увеличивать его корневую систему.*

**Ключевые слова:** борщевик Сосновского, химический источник тока.

## **CHEMICAL CURRENT SOURCES – GROWTH REGULATORS OF SOSNOVSKY HOGWEED**

**E.V. Nesteruk, A.V. Pavlov**

Scientific Supervisor – **A.V. Pavlov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*By creating a certain direction of the electric field from chemical current sources, you can slow down the growth of the stem of the Sosnovsky hogweed or increase its root system.*

**Keywords:** Sosnovsky's hogweed, chemical current source.

Практический интерес к регулированию роста борщевика Сосновского сформировался не случайно. Это гигантское инвазионное растение, достигая в высоту 2-4 метров, может полностью за счет своих побегов перекрывать попадание солнечного света на растения меньшей высоты, приводя к их гибели, но оно также может давать зимой корм оленям, летом - сок, содержащий от 17 до 31% сахара [1], а осенью из семян этого растения можно получать эфирные и жирные масла [2], переработанные корни идут на производство биоэтанола - сырья для производства экологически чистого биотоплива. Поэтому регулирование роста этого гигантского растения позволит механизировать процесс сбора и переработки и свести к минимуму контакт людей с этим растением, сок которого может привести к фотохимическим ожогам.

Из литературы известно, что рост побегов идет тем быстрее, чем больше разность потенциалов между атмосферой и растениями [3]. Если же потенциалы атмосферы и растения близки, то растение перестает поглощать углекислый газ.

В данной работе исследовалось влияние полярности химических источников тока, их электрических характеристик на рост борщевика Сосновского.

В качестве объектов исследования были использованы заросли борщевика Сосновского на ул. Панфилова в г. Ярославле, солевые "Toshiba" и щелочные "Sony" источники постоянного тока.

На растениях делался по окружности стеблей надрез [4] на высоте 20-25 см от земли, куда помещалась зачищенная от оксидов тонкая медная проволока, концы которой были припаяны к различным полюсам химических источников тока. Для исключения перегрева батареек при пайке использовался припой из низкотемпературного сплава Розе. Таким образом, отрицательный полюс батарейки подходил к одному растению, а положительный полюс - к другому.

Отмечено, что через 2-3 дня медные контакты от отрицательных полюсов всех химических источников тока внедрялись в стебли изучаемых растений, при этом интенсивно развивались периферийные побеги. Однако высота растений в период бутонизации при использовании солевых батареек составляла в среднем 1,5 метра, а щелочные батарейки остановили рост борщевика Сосновского на высоте, не превышающей один метр. Большинство растений, присоединённых к положительному полюсу, практически перестали расти, тем не менее, они также цвели и дали семена. Корневая система созревших растений, подсоединённых к положительному полюсу батареек, значительно превышала по массе корни аналогичных растений, подключенных к отрицательному полюсу. Причем заметной разницы по массе корней и электрическим характеристикам изучаемых источников тока не обнаружено.

Таким образом, обладая одинаковым номинальным напряжением в 1,5 Вольта, щелочные батарейки по сравнению с солевыми за счет более высокой электрической ёмкости, позволили остановить высотный рост стеблей борщевика Сосновского, направив энергию роста на периферийные побеги. При создании противотока движению питательных веществ от корня к стеблю за счет подсоединения растений к положительному полюсу источников тока отмечено увеличение массы корневой системы борщевика Сосновского.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мониторинг сахаристости борщевика Сосновского на разных стадиях вегетации растения / А.Е. Головкин, О.В. Вахромеева, А.В. Павлов, В.В. Соловьев Семьдесят третья всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с междунар. участием. 20 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 2ч. Ч. 1 [Электронный ресурс]. Ярославль: Изд-тво ЯГТУ, 2020. С.164-166. 1 опт. диск.

2. *Ткаченко К.Г.* Эфирные масла плодов *Heracleum Ponticum* (Lipsky) Schischk и *H. Sospowskyi Manden* // Научные Ведомости. Сер. естеств. наук. Бел.ГУ. 2010. №3 (74), вып. 10. С. 23-27.
3. *Воробьев В.А.* Влияние электрического тока на развитие растений / В.А. Воробьев В.А., Ю.Г. Иванов // Вестник ФГОУ ВПО "Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина", 2017. №4(80). С.23-26.
4. *Ефимова Т.Н.* Продукты электролиза водных растворов поваренной соли как средство борьбы с борщевиком Сосновского // Материалы Междунар. молодежного научного форума «ЛОМОНОСОВ-2019» / отв. ред. И.А. Алешковский, А.В. Андрианов, Е.А. Антипов. [Электронный ресурс]. М: МАКС Пресс, 2019.

**ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ  
ПРОЦЕССА НА СТРУКТУРУ КОМПОЗИЦИОННОГО  
ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ И НИТРИДА БОРА**

**У.Э. Турубанова<sup>1</sup>, М.А. Вертен<sup>2</sup>, Е.С. Соболева<sup>1</sup>**

Научный руководитель – **Е.С. Соболева**, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>Ярославский государственный технический университет

<sup>2</sup>Рыбинский государственный авиационный технический университет

*Рассматривается влияние технологических параметров процесса на структуру композиционного покрытия на основе никеля и нитрида бора.*

***Ключевые слова:** электрохимическое осаждение, композиционный материал, никель, нитрид бора, технологические параметры.*

**INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS  
OF THE PROCESS ON THE STRUCTURE OF A COMPOSITE  
COATING BASED ON NICKEL AND BORON NITRIDE**

**U.E. Turubanova<sup>1</sup>, M.A. Verten<sup>2</sup>, E.S. Soboleva<sup>1</sup>**

Scientific Supervisor – **E.S. Soboleva**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

<sup>1</sup>Yaroslavl State Technical University

<sup>2</sup>Rybinsk State Aviation Technical University

*The influence of technological parameters of the process on the structure of a composite coating based on nickel and boron nitride is considered.*

***Keywords:** electrochemical deposition, composite material, nickel, boron nitride, technological parameters.*

Стремление к усилению режимов эксплуатации, снижению удельной материалоемкости и доли дорогостоящих материалов в общей массе при одновременном повышении требований к техническим характеристикам современных механизмов и машин часто приводит к ухудшению условий работы кинематических пар. Повышаются контактное давление, скорость скольжения, температура и коэффициент трения. Вследствие этого увеличивается скорость износа, растут зазоры в кинематических парах и динамические нагрузки.

Трение деталей машин, которые подвергаются интенсивному износу, приводит к большим затратам на ремонт, необходимо изготовление запасных



частей, а также к простому оборудованию во время ремонта. Кроме того, целесообразно выполнение деталей машин из недорогих конструкционных материалов с последующим нанесением на них покрытий, обеспечивающих высокие антифрикционные характеристики, износостойкость, усталостную прочность [1].

В связи с этим, созданию покрытий, обладающих высокой износостойкостью и низким коэффициентом трения, уделяется большое внимание. Поэтому целью данной работы явилось создание композиционного электрохимического покрытия на основе никеля и нитрида бора.

В ходе выполнения работы, была разработана рецептура составов электролита-суспензии с различным содержанием дисперсной фазы порошка нитрида бора, составы представлены в таблице 1.

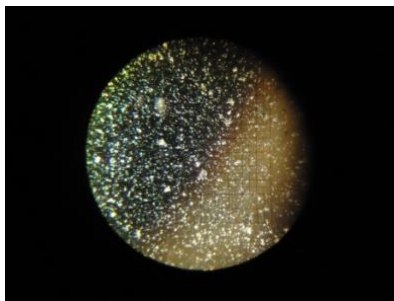
**Таблица 1. Составы электролитов-суспензий**

Состав электролита, г/дм <sup>3</sup>	Номер опыта		
	1	2	3
Никель сернокислый	250	250	250
Никель хлористый	30	30	30
Борная кислота	30	30	30
Нитрид бора	20	50	100
КПАВ К-76	0,6	1,5	3

В качестве смачивающей добавки электролит-суспензия содержит катионный ПАВ (К-76), который придает частицам нитрида бора положительный заряд, благодаря чему обеспечивается осаждение твердой фазы с ионами никеля на катоде, получая, таким образом, композиционное покрытие.

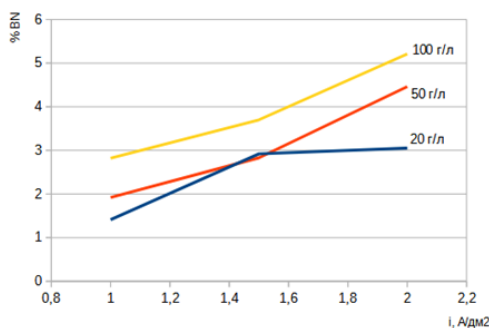
В качестве второй фазы использовался серийно выпускаемый порошок нитрида бора. Необходимо было установить размер частиц, так как от него зависит, какое количество будет осаждаться в композиционном покрытии. Согласно [2], для получения КЭП используют частицы размером от 0,01 до 10 мкм. На рис. 1 представлена микрофотография порошка нитрида бора, полученная с помощью ультрамикроскопа, которая позволяет определить размер частиц. Видно, что порошок обладает полидисперсностью, размер частиц колеблется от 1 до 20 мкм. Следует отметить, не многие частицы порошка обладают наибольшим размером, поэтому соосаждение никеля и порошка нитрида бора, согласно [2], возможно.

На состав композиционного материала оказывает влияние технологический режим, к которому относят плотность тока, температуру и время осаждения, а также концентрацию дисперсной фазы. Зависимость процентного содержания нитрида бора в покрытии от технологических параметров представлена на рис. 2-4.



**Рис. 1. Микрофотография порошка нитрида бора**

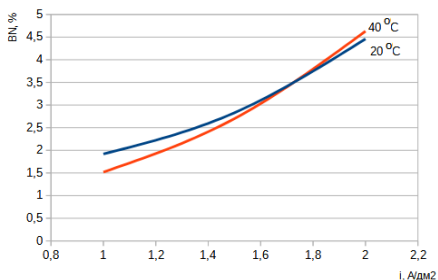
На рис. 2 показана зависимость содержания нитрида бора в покрытии от плотности тока и концентрации нитрида бора в электролите-суспензии. Покрытия на толщину 12 мкм наносились при температуре 20 °С. Содержание порошка в покрытии определяли гравиметрическим методом.



**Рис. 2. Зависимость содержания нитрида бора от плотности тока и концентрации**

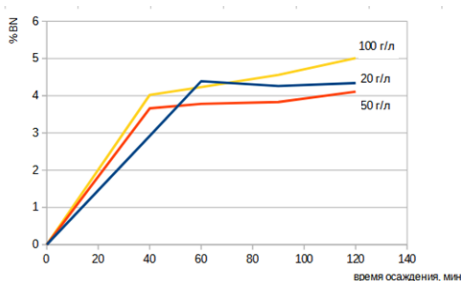
Определено, что с повышением плотности тока и концентрации дисперсной фазы, содержание нитрида бора в покрытии возрастает.

Рассмотрено влияние температуры на процесс осаждения при концентрации нитрида бора 20 г/л и представлено на рис. 3. Установлено, что повышение температуры не оказывает влияние на количество включений нитрида бора в покрытии. Аналогичная зависимость прослеживалась для всех изученных концентраций нитрида бора в электролите (50 г/л, 100 г/л). Таким образом, был сделан вывод, что осаждение композиционного покрытия целесообразно проводить при комнатной температуре.



**Рис. 3. Влияние температуры на процесс осаждения**

На рис. 4 представлена зависимость содержания нитрида бора от продолжительности электроосаждения.



**Рис. 4. Зависимость содержания нитрида бора от продолжительности электроосаждения**

Замечено, что при всех концентрациях нитрида бора в суспензии, включение частиц нитрида бора в начальный период времени увеличивается, но при достижении определенного времени процентное содержание нитрида бора увеличивается незначительно.

Таким образом, исходя из исследований, был выбран оптимальный режим осаждения композиционного материала, которому соответствует плотность тока  $1,5 \text{ A/dm}^2$ , время осаждения в зависимости от требуемой толщиной (для 20-40 мкм требуется 60-120 минут), и концентрация дисперсной нитрида бора в суспензии 100 г/л, процесс вести при комнатной температуре.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Верещака А.С.* Работоспособность режущего инструмента с износостойким покрытием. М.; Машиностроение, 1993. 368 с.
2. *Сайффуллин Р.С.* Композиционные покрытия и материалы. М.: Химия, 1977. 270 с.

## ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОРОШКА НА ОСНОВЕ НИКЕЛЯ И НИТРИДА БОРА ХИМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

У.Э. Турубанова<sup>1</sup>, М.А. Вертен<sup>2</sup>, Е.С. Соболева<sup>1</sup>

Научный руководитель – **Е.С. Соболева**, канд. техн. наук, доцент

<sup>1</sup>Ярославский государственный технический университет

<sup>2</sup>Рыбинский государственный авиационный технический университет

*Рассматривается способ получения композиционного порошкового материала на основе никеля и гексагонального нитрида бора методом химического осаждения.*

***Ключевые слова:** химическое осаждение, композиционный материал, никель, нитрид бора, активация.*

## PREPARATION OF A COMPOSITE POWDER BASED ON NICKEL AND BORON NITRIDE BY CHEMICAL METHOD

U.E. Turubanova<sup>1</sup>, M.A. Verten<sup>2</sup>, E.S. Soboleva<sup>1</sup>

Scientific Supervisor – **E.S. Soboleva**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

<sup>1</sup>Yaroslavl State Technical University

<sup>2</sup>Rybinsk State Aviation Technical University

*A method for obtaining a composite powder material based on nickel and hexagonal boron nitride by chemical precipitation is considered.*

***Keywords:** chemical deposition, composite material, nickel, boron nitride, activation.*

Среди большого разнообразия методов нанесения покрытий и модификации поверхности – химических, электрохимических (гальванических), микро-термических (цементация, азотирование, цианирование и т.д.), физических (лазерная и электроннолучевая порошковая наплавка) особое место занимают методы газотермического напыления – газопламенный, электродуговой, плазменный, детонационный и др. Применение газотермического напыления для получения различного типа покрытий привело к необходимости выпуска специальных порошковых материалов, представляющих собой не механические смеси, а интегрированные комплексы исходных компонентов в каждой порошковой частице. Такое интегрирование исходных компонентов может

быть реализовано за счет создания плакированных порошков путем нанесения на исходную частицу одного или нескольких слоев других материалов [1]. Согласно источнику [1] следует, что среди всех плакированных порошков преобладают порошки, плакированные никелем.

С помощью химической модификации возможно создание широкой гаммы композиционных материалов, обладающих принципиально новыми функциональными качествами, необходимыми для развития порошковой металлургии, электронной, текстильной, авиационной и других отраслей промышленности [2].

В данной работе рассматривается способ получения порошкового композиционного материала, содержащего гексагональный нитрид бора и никель. Данный композиционный порошок на основе гексагонального нитрида бора плакированного никелем (НБПН-20/80) используется в авиационной промышленности для повышения характеристик износостойких уплотнительных плазменных покрытий.

Основными проблемами получения никелевого покрытия на инертном порошке нитрида бора явились: достижение однородности частиц порошка; активация поверхности для последующего осаждения никелевого покрытия и выбор состава электролита.

Следует отметить, что производимый промышленностью порошок нитрида бора является полидисперсным, размер частиц варьируется от 0,1 до 100 и более мкм. С целью получения требуемого размера частиц (50-150 мкм) проводилась классификация порошков с использованием органического связующего с последующим его удалением термообработкой и дальнейшем просеиванием через сита.

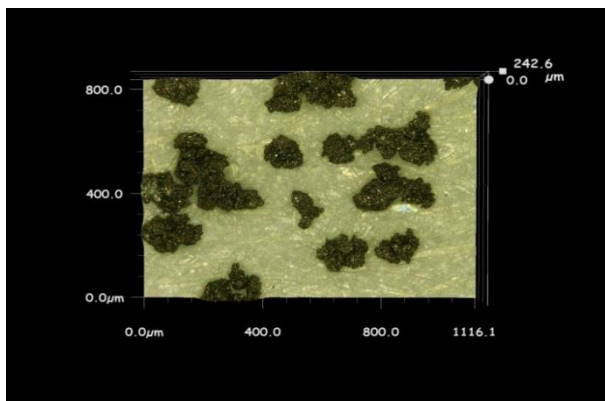
Для равномерного покрытия никелем частиц порошка требуется хорошо подготовленная поверхность. Для обеспечения этого проводили активацию поверхности в присутствии солей олова и хлористого палладия.

Для нанесения никеля на активированную поверхность порошка нитрида бора использовался метод химической металлизации.

Согласно справочной литературе [3], в состав никелевых покрытий, полученных с помощью гипофосфита натрия, всегда входит фосфор, массовая доля которого может изменяться от 2 до 15%. Ni-P покрытия, осажденные из кислых растворов, содержат 7-10%, из щелочных 5-7% фосфора. Количество фосфора в покрытии зависит от состава раствора и условий проведения процесса. Снижение pH или увеличение гипофосфита натрия в растворе приводят к увеличению содержания фосфора в осадке.

В создаваемом композиционном материале нам необходимо было сократить содержание фосфора в никелевой матрице, т.к. он является примесью. Поэтому в технологии нанесения химического никеля на частицы гексагонального нитрида бора применялся щелочной электролит следующего состава, г/л: гипофосфит натрия 41-45, ацетат никеля 25-30, аммиак 48-54. Температура 95 °С, pH 11.

Структуру полученного композиционного материала на основе никеля и нитрида бора изучали с помощью оптического микроскопа Keyence VHX-2000. На микроскопе оптического диапазона Keyence VHX-2000 изучается морфология частиц, входящих в состав исследуемых порошков. Диапазон размеров частиц в этих измерениях – 5–3000 мкм (микрометров), оптическое разрешение - 1 мкм. Установлено, что поверхность частиц полностью окружена оболочкой никеля.



**Рис. 1. Микрофотография никелированного порошка нитрида бора**

Таким образом, можно заключить, что соблюдая последовательность данного технологического процесса, возможно получение порошкового композиционного материала нужного состава.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Газотермическое напыление композиционных порошков / А.Я. Кулик, Ю.С. Борисов, А.С. Мнухин, М.Д. Никитин. Л.: Машиностроение, 1985. 199 с.
2. Юдина Т.Ф. Химическая модификация как способ создания композиционных материалов // Вестн. Волгогр. гос. ун-та. Сер. 10. «Иннов. деят.». 2012. Вып. 7.
3. Гальванотехника: Справочник / под ред. А.М. Гинберга, А.Ф. Иванова, Л.Л. Кравченко. М.: Металлургия, 1987. С. 376-377.

## ДЕКОРАТИВНОЕ ОКСИДИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ЖЕЛЕЗА

**Д.В. Ушакова, А.В. Павлов**

Научный руководитель – **А.В. Павлов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*За счет ступенчатого нагрева поверхности технического железа и последующего удаления лишних оксидных слоев, создается декоративный радужный рисунок. Для сохранения радужной окраски и дополнительной защиты от коррозии декоративно оксидированное техническое железо покрывается цапонлаком.*

**Ключевые слова:** оксидирование, техническое железо, радужный рисунок, цапонлак.

## DECORATIVE OXIDATION OF TECHNICAL IRON

**U.D. Ushakova, A.V. Pavlov**

Scientific Supervisor – **A.V. Pavlov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Due to the stepwise heating of the surface of the technical iron and the subsequent removal of excess oxide layers, a decorative rainbow pattern is created. To preserve the rainbow color and additional protection against corrosion, decorative oxidized technical iron is coated with tsaponlak.*

**Keywords:** oxidation, technical iron, rainbow drawing, tsaponlak.

Процессы, связанные с нанесением на поверхность металла оксидного покрытия, принято считать оксидированием. Оксидное покрытие образуется в этом случае за счет протекания окислительно-восстановительных реакций [1].

В работе использовались принципы термического оксидирования в воздухе технического железа (железа АРМКО) для получения декоративного покрытия. Для повышения коррозионной стойкости полученных декоративных продуктов оксидирования их покрывали цапонлаком.

Пластины из технического железа предварительно зачищались наждачной бумагой, а затем полировались на полировальном станке с войлочным диском. Пластины помещались в муфельную печь и нагревались до 300 °С, при этой температуре они выдерживались в течение 30 минут. В результате

нагрева на поверхности технического железа образовывалась прозрачная поверхность, состоящая из  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  и гематита  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , синего цвета. Синий цвет образовался в результате интерференции белого цвета в тонкой прозрачной поверхности оксидов на отражающей поверхности железа [2]. Затем на поверхность оксидной пленки наносился эскиз декоративного изображения, при этом в определенных эскизом областях удалялся механически синий цвет. За счет последующего нагрева выбранных областей до  $260\text{ }^\circ\text{C}$  при помощи открытого пламени получали пурпурный цвет, при необходимости пурпурный цвет также механически удалялся, и на очищенную поверхность наносился при помощи пламени горелки желтый цвет. Полученное в итоге изображение при соответствующих навыках работы с пламенем совпадало с эскизом.

Для повышения коррозионной устойчивости осуществлялась обработка декоративного изображения прозрачным раствором нитроцеллюлозы в ацетоне, который называется цапонлаком. После 3-часовой сушки цапонлака радужные оттенки изображения не потерялись, декоративность изображения сохранилась.

Используемые в ювелирной технике для защиты от коррозии и механических повреждений декоративных изделий флеш-покрытия, наносимые электрохимическим способом, для данной технологии не подходят, так как они растворяют образовавшиеся оксидные пленки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Горячкин Е.Н.* Лабораторная техника и ремесленные приемы. М.: Просвещение, 1969. С.155.
2. *Ямпольский Л.* Воронение. Практическое руководство по химическому окрашиванию железного металла. 64 рецепта. Л.: Красная газета, 1929.



## ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ДИОКСИДА ТИТАНА В ПОРОШКОВЫХ КРАСКАХ

**А.М. Шорохова, Е.А. Индейкин**

Научный руководитель – **Е.А. Индейкин**, канд. хим. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*Методом потенциометрического титрования изучены кислотно-основные свойства поверхности частиц диоксида титана.*

***Ключевые слова:** диоксид титана, кислотно-основные центры, колористические свойства, потенциометрическое титрование.*

## STUDY OF THE PROPERTIES OF TITANIUM DIOXIDE IN POWDER PAINTS

**A.M. Shorokhova, E.A. Indeykin**

Scientific Supervisor - **E.A.Indeykin**, Candidate of Chemical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The acid-base properties of the surface of titanium dioxide particles werestudied by the method of potentiometric titration.*

***Keywords:** titanium dioxide, acid-base centers, coloristic properties, potentiometric titration.*

В настоящее время лакокрасочные покрытия – основное средство защиты и отделки объектов, предметов и изделий разного назначения. Лакокрасочная промышленность выпускает обширный ассортимент лакокрасочных материалов (лаки, эмали, краски, грунтовки, шпатлевки, различные вспомогательные материалы), которые находят широкое применение в строительстве, транспорте, быту [1]. Возникновение технологии порошкового окрашивания – результат длительного развития и эволюции методов, связанных с нанесением жидких лакокрасочных материалов и напылением металлов. Его становлению способствовали все возрастающие требования по охране окружающей среды, экономические соображения, стремление к повышению качества покрытий [2].

В качестве одного из основных пигментов в порошковых красках ис-

пользуют диоксид титана. Но смена производителя или марки диоксида титана может оказывать влияние на колористические свойства покрытия, сформированного из порошковой краски.

В связи с этим в данной работе были изучены свойства поверхности частиц диоксида титана.

Методом неводного гетерогенного потенциометрического титрования были установлены кислотно-основные свойства поверхности частиц диоксида титана разных торговых марок. Для исследований был взят диоксид титана таких марок, как Кронос 2310, Т 220+, DuPont и другие.

Определение содержания кислотно-основных центров основано на методе гетерогенного неводного титрования растворами *n*-толуолсульфокислоты и едкого калия, были получены зависимости рН от потенциала полунейтрализации. На основании кривых потенциометрического титрования получены калибровочные кривые.

Полученные данные могут быть использованы для корректировки рецептур порошковых красок с целью получения стабильных колористических свойств покрытий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий: Учебник для вузов. Л.: Химия, 1989. 384 с.
2. Порошковые краски. Технология покрытий / пер. с англ. под ред. проф. А.Д. Яковлева. СПб: ЗАО «Промкомплект», Химиздат, 2001. 256 с.

УДК 544.1(043)

## КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АКТИВНОГО ЦЕНТРА АЛКИЛИРОВАНИЯ БЕНЗОЛА ПРОПИЛЕНОМ НА ЦЕОЛИТЕ-БЕТА

**Г.Ф. Ахметзянова, З.С. Самигуллина**

Научный руководитель – **З.С. Самигуллина**, канд. хим. наук,  
доцент

Уфимский государственный нефтяной технический университет

*Проведено квантово-химическое моделирование образования активного центра алкилирования бензола пропиленом на цеолитном катализаторе Beta. Показано, что из исследованных в работе вариантов термодинамически наиболее предпочтительным является внедрение молекулы пропилена в каркас цеолита через крупную 6-атомную пору.*

**Ключевые слова:** квантово-химическое моделирование, алкилирование бензола пропиленом, цеолитный катализатор.

## QUANTUM CHEMICAL MODELING OF THE ACTIVE CENTER OF BENZENE ALKYLATION WITH PROPYLENE ON ZEOLITE-BETA

**G.F. Akhmetzyanova, Z.S. Samigullina**

Scientific Supervisor – **Z.S. Samigullina**, Candidate of Chemical Sciences,  
Associate Professor

Ufa State Petroleum Technical University

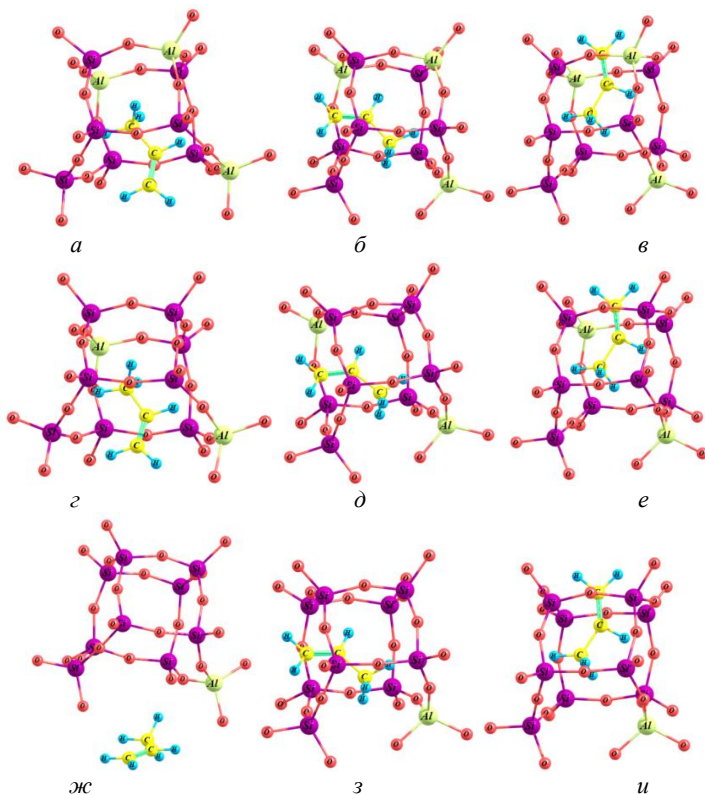
*A quantum-chemical modeling of the formation of an active center for the alkylation of benzene with propylene on a Beta zeolite catalyst is performed. It is shown that the thermodynamically most preferable of the variants studied in this work is the introduction of a propylene molecule into the zeolite framework through a large 6-atom pore.*

**Keywords:** quantum chemical modeling, alkylation of benzene with propylene, zeolite catalyst.

Получение изопропилбензола алкилированием бензола пропиленом является одним из наиболее важных процессов в нефтехимии, поскольку позволяет получать такие ценные продукты как фенол и ацетон. Для производства

изопропилбензола наиболее перспективными катализаторами являются цеолиты типа Beta [1].

Ранее нами были смоделированы фрагменты цеолита-Beta с различным содержанием атомов Al. Расчеты проводились в программном пакете Gamess с использованием базисного набора RHF/6-31G(d). В настоящей работе исследовали взаимодействие указанных фрагментов с пропиленом, в результате чего получили интермедиаты, представляющие собой комплексы цеолит-пропилен (рис. 1).



**Рис.1. Комплексы цеолит-пропилен**  
(атомы водорода во фрагменте цеолита не указаны)

В таблице 1 представлены результаты термодинамического анализа смоделированных комплексов.

**Таблица 1. Относительная термодинамическая устойчивость комплексов цеолит-пропилен**

Комплекс	$\Delta E_{total}$ , кДж/моль	Комплекс	$\Delta E_{total}$ , кДж/моль	Комплекс	$\Delta E_{total}$ , кДж/моль
Компонентный состав цеолита					
$Al_2O_3:SiO_2 = 3:14$		$Al_2O_3:SiO_2 = 1:8$		$Al_2O_3:SiO_2 = 1:18$	
а	0	г	0	ж	0
б	137,9	д	137,2	з	399,6
в	490,7	е	525,1	и	786,7

Термодинамически более устойчивой структурой компонентного состава  $Al_2O_3:SiO_2 = 3:14$  является комплекс **а**, где пропилен располагается в поре, образованной шестью Т-атомами (1Al, 5Si). Комплекс **б**, в котором пропилен максимально приближен к 5-атомной (1Al, 4Si) поре цеолита, обладает устойчивостью на 137,9 кДж/моль меньшей, чем **а**. Образование комплекса **в**, где пропилен ориентирован вблизи 4-атомной поры (2Al, 2Si) на 490,7 кДж/моль менее выгодно по сравнению с **а**.

У комплексов состава  $Al_2O_3:SiO_2 = 1:8$  картина практически идентична описанной выше. Для наиболее обедненной атомами Al группы (комплексы **ж-з**) не удалось обнаружить устойчивую модель, в которой происходит ориентирование пропилена в 6-атомной поре катализатора (**ж**) – в результате оптимизации геометрии происходит «выталкивание» молекулы пропилена из этой поры. Возможно, положительно заряженные атомы Si препятствуют прохождению метильной группы внутрь цеолитного фрагмента, и для образования комплекса требуется переориентирование молекулы пропилена. Что касается комплексов **з, и** – здесь ситуация аналогична взаимодействию цеолитов с более высоким содержанием Al.

Таким образом, для смоделированного фрагмента цеолита-Beta компонентного состава  $Al_2O_3:SiO_2 = 3:14$  и  $Al_2O_3:SiO_2 = 1:8$  предпочтительно образование активных центров алкилирования пропиленом в более крупной 6-атомной поре; для цеолита-Beta компонентного состава  $Al_2O_3:SiO_2 = 1:18$  – в 5-атомной поре.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сравнительная оценка цеолитных катализаторов алкилирования бензола / И.М. Герзелиев, В.А. Остроумова, В.П. Жмылев, С.Н. Хаджиев // Журнал прикладной химии. 2018. Т. 87, №6. С. 832-837.

## **БУДУЩЕЕ ОХРАНЫ ТРУДА: ВЫЗОВЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ**

**И.З. Килинбаева, А.В. Федосов**

Научный руководитель – **А.В. Федосов**, канд. техн. наук, доцент

Уфимский государственный нефтяной технический университет

*Модели смертей, производственных травм и профессиональных заболеваний не стоят на месте и постоянно меняются во всем мире. Эти изменения могут быть постепенными или внезапными, но иметь как положительные, так и отрицательные последствия для безопасности и здоровья работников. В этой статье представлен обзор основных преобразований, которые меняют мир труда и обсуждаются последствия этих изменений для будущего охраны труда на рабочем месте, а также проблемы и возможности, которые могут возникнуть.*

**Ключевые слова:** охрана труда, технологии, риски, цифровизация, автоматизация, нанотехнологии.

## **THE FUTURE OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY: CHALLENGES, PROSPECTS AND OPPORTUNITIES**

**I.Z. Kilinbaeva, A.V. Fedosov**

Scientific Supervisor – **A.V. Fedosov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Ufa State Petroleum Technical University

*Patterns of deaths, occupational injuries, and occupational diseases do not stand still and are constantly changing around the world. These changes can be gradual or sudden, but have both positive and negative consequences for the safety and health of employees. This article provides an overview of the major transformations that are changing the world of work and discusses the implications of these changes for the future of occupational health and safety in the workplace, as well as the challenges and opportunities that may arise.*

**Keywords:** labor protection, technologies, risks, digitalization, automation, nanotechnology.

Развитие технологий влияет на весь рабочий процесс, начиная от того: кто или что выполняет эту работу, как и где выполняется работа, способы организации работы, условия ее выполнения, а также безопасность и здоровье

рабочего персонала. Эти изменения уже оказывают большое влияние на условия труда и, как ожидается, продолжат оказывать такое влияние в будущем.

Мы стоим у истоков революции, которая фундаментально изменит нашу жизнь, наш труд и наше общение. По масштабу, объему и сложности это явление, считается четвертой промышленной революцией, не имеет аналогов во всем предыдущем опыте человечества [1].

Особое внимание для рассмотрения уделено основным направлениям, по которым происходят перемены в сфере охраны труда, – технологиям. Под технологиями имеются в виду: цифровизация, информационно-коммуникационные технологии (ИКТ), искусственный интеллект, роботизация, нанотехнологии.

Цифровизация и ИКТ. Сегодня компании по всему миру активно внедряют умные технологии, помогающие повысить уровень безопасности на рабочем месте, обучить сотрудников нововведениям и защитить их от возможных рисков на производстве. Цифровизация позволяет сохранять время, сокращая объем работ по рядовым задачам, и, таким образом, открывает возможности для новых инициатив и развития.

Одним из ключевых факторов, влияющих на условия труда на рабочем месте, является то, что технологические разработки в некоторых случаях смогли взять на себя вредную и опасную работу, которую ранее выполняли рабочие. С этим связано все более широкое использование искусственного интеллекта, то есть использование компьютеров для воспроизведения человеческого мышления.

Но искусственный интеллект представляет психическую и психосоциальную опасности из-за его способности вызывать изменения в организации рабочего процесса. К таким опасностям относятся: профессиональное выгорание, тревожные расстройства и депрессия [2].

Пандемия коронавируса (COVID-19) создала критическую ситуацию. Для того чтобы сдержать распространение вируса, в странах мира были приняты многочисленные меры в соответствии с рекомендациями Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) – от физического дистанцирования, ограничения свободы передвижения и закрытия предприятий и организаций до изоляции целых городов в различных регионах мира. Одной из важных мер, предотвращающих распространение COVID-19, является сокращение физических контактов. Многие предприятия перешли на удаленный режим работы на основе ИКТ в качестве временного или альтернативного способа организации труда.

Это предоставляет новые возможности для людей и предприятий, в том числе с точки зрения здоровья и безопасности. Например, удаленная работа может сократить время в пути и связанный с этим стресс и риск несчастных случаев на производстве, а также может способствовать лучшему балансу между работой и личной жизнью. Тем не менее, это также может создавать проблемы в области охраны труда, такие как необходимость управления психосоциальными

рисками, связанными с одиночной работой и возможным размыванием границ между работой и личной жизнью, а также для обеспечения эргономичности рабочих мест [3].

Носимые технологии также могут обеспечить не только безопасность и здоровье работников на рабочем месте, но и повысить эффективность. Такие устройства могут позволить менеджерам по безопасности отслеживать поведение и сообщать информацию о безопасности и здоровье в режиме реального времени.

Тем не менее, сотрудники, которые все чаще используют интеллектуальные устройства, могут потерять автономию в выполнении своей работы и отказаться от взаимодействия со своими коллегами, что может привести к стрессу и чувству изоляции.

Помимо возможностей по охране труда на рабочем месте, цифровизация и ИКТ могут помочь улучшить безопасность и здоровье на рабочем месте за счет улучшения инспекции охраны труда. Например, дроны можно использовать для проведения беспилотных авиационных инспекций, когда инспекторам входить небезопасно (например, на буровую установку для добычи нефти) [4].

Автоматизация и робототехника. Автоматизация и робототехника на рабочем месте не новость. Развитие робототехники и автоматизации, безусловно, необходимы для перехода человечества на новый технологический уровень. Но, как и в любой другой высокотехнологичной сфере, здесь есть свои риски. И ставка в этих рисках может быть самой высокой – наша жизнь.

Роботизация может облегчить жизнь рабочего от повторяющихся и напряженных задач, которые могут привести к опорно-двигательным, сердечно-сосудочным нарушениям или рискам в области психического здоровья. Например, экзоскелеты с электроприводом можно использовать для изменения привычных физических и эргономических движений человека, позволяя ему поднимать тяжелые вещи, но потенциально затрудняя выполнение более быстрых движений.

Они могут быть полезны для предотвращения профессиональных заболеваний (искривление позвоночника, плоскостопие, расширение вен, повреждение межпозвоночных дисков) и могут повысить производительность труда.

Однако внедрение новых технологий робототехники и автоматизации может привести к эргономическим рискам из-за новых и расширенных интерфейсов человек-машина, новых рисков кибербезопасности и новых или неизвестных психосоциальных рисков с точки зрения взаимодействия человека с искусственным интеллектом и робототехникой.

Как и в случае с искусственным интеллектом и технологиями цифровизации, автоматизация и робототехника вызвали серьезные споры по поводу угрозы автоматизации в сфере занятости. В целом автоматизация вряд ли полностью заменит большинство профессий, но вместо этого она изменяет тип и количество человеческих задач, выполняемых на многих должностях [5].



Нанотехнологии. В первые десятилетия XXI века продолжалось развитие и внедрение новых материалов и процессов, что имело значение для выявления и контроля возникающих рисков от их использования. Одним из ключевых примеров является разработка, производство и использование наноматериалов.

Их потенциал продолжает изучаться в самых разных областях, от инженерии и медицины до ИКТ.

Однако эти материалы могут также представлять уникальную опасность для здоровья. Увеличение производства наноматериалов означает, что работники глобальных цепочек поставок будут в первую очередь подвержены воздействию этих материалов, что подвергнет их повышенному риску потенциальных неблагоприятных последствий для здоровья.

Европейское агентство по безопасности и охране здоровья на рабочем месте (EU-OSHA) указывает, что наиболее опасные последствия наноматериалов для здоровья были обнаружены в легких: воспаление и повреждение тканей, фиброз и образование опухолей. Кроме того, было обнаружено, что наноматериалы перемещаются из легких в кровотоки и поглощаются вторичными органами, включая мозг, почки и печень. Наконец, некоторые типы углеродных нанотрубок могут вызывать асбестоподобные эффекты [6].

С новыми технологиями, различными моделями занятости и организации труда, которые формируют трудовую деятельность, охрана труда будет становиться все более важным вопросом, чем когда-либо. Предвидение рисков является важным шагом к эффективному управлению и формированию культуры охраны труда в постоянно меняющемся мире. Сюда входят такие методы, как прогнозирование, оценка технологий, исследование рисков для здоровья и разработка эффективных профилактических мер. Предвидение будущих рисков имеет явные преимущества для борьбы с возникающими рисками по сравнению с традиционными методами.

Что касается новых технологий, необходимы дальнейшие исследования воздействия новых технологий, таких как рост цифровизации: новые приложения ИКТ, искусственный интеллект, робототехника и наноматериалы. Новые тенденции в организации труда, когда работники все чаще работают автономно или удаленно, требуют переосмысления текущего управления охраной труда, законов, политики и программ. Психосоциальные риски требуют дополнительного внимания и исследования по таким вопросам:

- как интегрировать психосоциальные риски в оценки рисков в рамках систем управления охраной;
- как создать среду психосоциальной безопасности и лучше управлять психическим здоровьем на рабочем месте;
- корреляции между психосоциальными рисками на рабочем месте и их влиянием на физическое здоровье работников.

По прогнозам, границы между работой, домашней жизнью и общественными ролями в сообществах, в которых люди живут и работают, будут

все более размываться из-за продолжающихся изменений. Эти вопросы, вероятно, потребуют сочетания различных дисциплин для решения проблем, возникающих в связи с этими изменениями [7].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шваб К.М.* Четвертая промышленная революция. М.: Изд-во «Эксмо», 2016. 208 с
2. *Киуру И.М.* Как цифровые технологии меняют сферу охраны труда // Гетсиз.Ру: электрон. техн. журн. 2019. URL: <https://getsiz.ru/kak-cifrovye-tehnologii-menyayut-sferu-ohrany-truda.html> (дата обращения: 1.02.2021)
3. *Картвелишвили В.М.* Риск-менеджмент. Методы оценки риска: учебное пособие / В. М. Картвелишвили, О. А. Свиридова. М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. В. Плеханова», 2017. 120 с.
4. *Смирнова Н.К.* Оценка условий труда: учебное пособие. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2019. 188 с.
5. *Васильков А.Ю.* Прогноз технологий до 2099 года // Компьютерра: электрон. техн. журн. 2015. URL: <https://www.computerra.ru/226917/predictions-of-raymond-kurzweil/> (дата обращения: 20.01.2021)
6. *Занина К.А.* Влияние нанотехнологий и наноматериалов на человека и остальной живой мир / К.А. Занина, А.П. Цуркин // Технические науки: традиции и инновации: материалы II Междунар. науч. конф., Челябинск, 20-23 октября 2013 г. Челябинск: Изд-во «Два комсомольца», 2013. С. 21-24.
7. *Федосов А.В.* Оценка профессионального риска и управление им / А.В. Федосов, И.Р. Даниева, Р.Р. Валеева // Электрон. сетевой политемат. журн. "Научные труды КубГТУ". 2019. № 3. С. 488-496. URL: <https://ntk.kubstu.ru/data/mc/0063/2575.pdf>

**ИЗУЧЕНИЕ КАТАЛИТИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ  
КАТАЛИЗАТОРА МАРКИ ОКТИФАЙН 480 П  
ДЛЯ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА  
НА УСТАНОВКЕ ЛИНТЕЛ МАК-10**

**А.И. Исмагилов, Р.Ш. Япаев, О.Ю. Белоусова**

Научный руководитель – **О.Ю. Белоусова**, канд. техн. наук,  
доцент

Уфимский государственный нефтяной технический университет

*В статье рассмотрен способ определения активности стабилизированного катализатора Октифайн 480 П в процессе каталитического крекинга на лабораторной установке Линтел Мак-10 при температурах 460, 480 и 500 °С при соотношении катализатор: сырьё, равном 2,5 и 3.*

**Ключевые слова:** каталитический крекинг, активность катализатора, микросферический катализатор, октифайн 480 П, стандарт ASTM D3907-03, Линтел МАК-10, стандарт ASTM D4463-96, линтел УПСК-10, вакуумный газойль.

**RESEARCH OF CATALYTIC CRACKING CATALYST  
OCTIFINE 480 P ACTIVITY AT LINTEL MAK-10**

**A.I. Ismagilov, R.Sh. Yapaev, O.Yu. Belousova**

Scientific Supervisor – **O.Yu. Belousova**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Ufa State Petroleum Technological University

*This article describes a method for determining the activity of stabilized Octifine 480 P catalyst in the process of catalytic cracking in a Lintel Mak-10 laboratory unit at temperatures of 460, 480 and 500 °C with the ratio of catalyst: raw material equal to 2,5 and 3.*

**Keywords:** catalytic cracking, catalyst activity, microspherical catalyst, octifine 480 P, ASTM D3907-03 standard, Lintel MAC-10, standard ASTM D4463-96, Lintel UPSK-10, vacuum gasoil.

Для сравнения активностей катализаторов использовали образцы стабилизированного катализатора. Паровую стабилизацию проводили на установке, предназначенной для предварительной стабилизации катализатора *Линтел*® УПСК-10 [1] в атмосфере водяного пара по ASTM D 4463-96 [2].

Для проведения испытания была подготовлена смесь, состоящая из гидроочищенного вакуумного газойля и вакуумного газойля, содержащегося в остатке Астраханского ГПЗ.

Фракционный состав, плотность и содержание серы остатка не соответствуют нормам поэтому, соотношение данной смеси приняли за 4:1 стандартного гидроочищенного вакуумного газойля к данному остатку.

Температуры проведения экспериментов на лабораторной установке Линтел МАК-10 по стандарту ASTM D3907/D3907M [3, 4] были от 460 до 500 °С при соотношении катализатор: сырье 2,5:1-3:1

Содержание металлов в данной смеси умеренно низкое, точно известно, что использование данной смеси в качестве сырья каталитического крекинга возможно. Ванадия в смеси не более 1 ppm, а никель отсутствует.

**Таблица 1. Материальный баланс КК при различных температурах**

Продукты	460 °С		480 °С		500 °С	
	Отношение катализатор: сырье		Отношение катализатор: сырье		Отношение катализатор: сырье	
	2,5	3	2,5	3	2,5	3
Газ до C <sub>4</sub> включительно, % мас. в том числе:	10,25	14,84	13,04	15,49	13,81	17,87
Сухой газ, % мас.	0,55	0,77	0,83	1,04	0,95	1,33
ППФ, % мас.	2,79	3,43	3,73	4,06	3,36	4,67
ББФ, % мас.	6,38	10,18	8,05	7,86	6,68	9,26
Потери, % мас.	0,53	0,46	0,43	2,53	2,83	2,61
Автобензин, % мас.	34,2	34,4	35,56	37,80	38,10	42,59
ЛКГ, % мас.	34,1	29,1	30,35	29,07	30,57	26,46
ТКГ, % мас.	19,4	19,6	18,95	14,53	15,26	10,85
Кокс	2,07	2,10	2,11	2,11	2,23	2,27
ВСЕГО	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

По данным таблицы 1 видно тенденцию на увеличение выхода углеводородных газов и бензина при увеличении соотношения катализатора к сырью и снижение коксообразования на катализаторе вследствие увеличения его количества.

Согласно данным полученным в ходе эксперимента составим графики выхода жидких продуктов в зависимости от температуры и от соотношения катализатор: сырье. Следующие графики представлены на рис. 1 и 2.

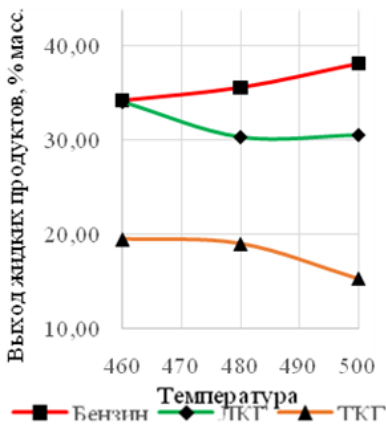


Рис. 1. График зависимости выхода жидких продуктов от температуры при соотношении катализатор: сырье, равному 2,5

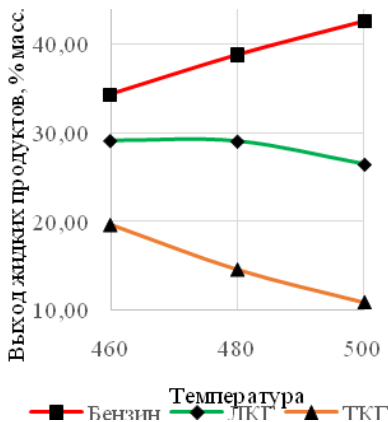


Рис. 2. График зависимости выхода жидких продуктов от температуры при соотношении катализатор: сырье, равному 3

На рис. 3 и 4 представлены выходы газообразных продуктов + потери.

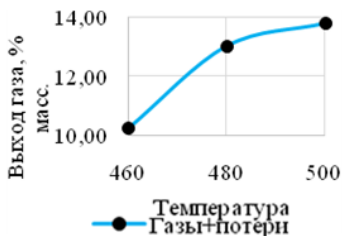


Рис. 3. График зависимости выхода газообразных продуктов + потери от температуры при соотношении катализатор: сырье, равному 2,5

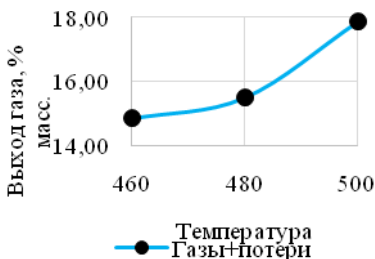
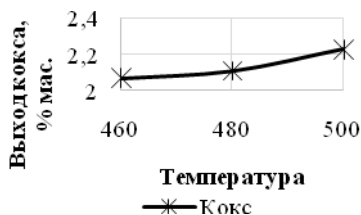
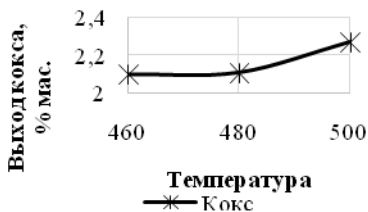


Рис. 4. График зависимости выхода газообразных продуктов + потери от температуры при соотношении катализатор: сырье, равному 3

На рис. 5 и 6 представлены выходы кокса.



**Рис. 5.** График зависимости выхода кокса от температуры при соотношении катализатор: сырье, равному 2,5



**Рис. 6.** График зависимости выхода кокса от температуры при соотношении катализатор: сырье, равному 3

Исходя из полученных графиков наблюдается, что с ростом температуры, в данном интервале, выход бензина только увеличивается до 38,10 и 42,59 % для соотношений 2,5:1 и 3:1 при 500 °C соответственно. При увеличении температуры выход каталитических газойлей уменьшается значительно с последующим увеличением выхода бензиновой фракции и углеводородных газов за счет термодеструктивных процессов, которым подвергаются легкий и тяжелый газойли. Кроме того, согласно работе [5] увеличение температуры приводит к снижению выхода целевого продукта бензина. Это объясняется тем, что при увеличении температуры выше 510 °C начинаются реакции термокрекинга бензина с последующим увеличением выхода кокса и газов. Выход кокса для данной смеси с плотностью 0,8952 г/мл от 2,1 до 2,23 % мас.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Устройство паростабилизации катализатора в атмосфере водяного пара ЛинтеЛ® УПСК-10. Руководство по эксплуатации, АИФ 2.983.009 РЭ. Уфа: АО БСКБ «Нефтехимавтоматика». 37 с.
2. ASTM International, West Conshohocken, PA, ASTM D4463 - 96, Standard Guide for Metals Free Steam Deactivation of Fresh Fluid Cracking Catalysts, [www.astm.org](http://www.astm.org).
3. ASTM International, West Conshohocken, PA, ASTM D3907 / D3907M-13, Standard Test Method for Testing Fluid Catalytic Cracking (FCC) Catalysts by Microactivity Test. URL: [www.astm.org](http://www.astm.org).
4. Использование остаточной фракции переработки газоконденсатов в качестве сырья процесса каталитического крекинга / А.С. Тебеньков, Г.Д. Мухаметова, Р.Х. Рафикова, Р.З. Зайнуллин, О.Ю. Белоусова, Р.Ш. Япаев // Башкирский хим. журн. 2018. Т. 25, №3. С. 93-97.
5. *Билалов А.Г.* Исследование процесса каталитического крекинга на установке ЛИНТЕЛ МАК-10 / А.Г. Билалов, А.М. Мунасыпова // Междунар. науч.-исслед. журн. 2021. № 3 (105). С. 20-26.

## **ПОВЫШЕНИЕ МОРОЗОСТОЙКОСТИ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА С ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫМ ПЛАСТИФИКАТОРОМ**

**И.С. Огарев, О.Ю. Соловьева, В.В. Власов, С.В. Гудков**

Научный руководитель – **О.Ю. Соловьева**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Исследована эффективность применения в качестве компатибилизаторов при совмещении поливинилхлорида (ПВХ) с бутадиен-стирольным каучуком СКС-30АРК модификатора РУ-КС в сочетании с белой сажей БС-120 и N,N'-м-фениленбисмалеимида с добавкой органического пероксида. Смеси готовили на лабораторных вальцах. Показано, первая модифицирующая система обеспечивает более высокий уровень деформационно-прочностных свойств и морозостойкости композитов.*

***Ключевые слова:** поливинилхлорид, бутадиен-стирольный каучук, компатибилизатор, деформационно-прочностные свойства, температура хрупкости резин.*

## **INCREASE OF FROST RESISTANCE OF COMPOSITES BASED ON POLYVINYL CHLORIDE WITH HIGH MOLECULAR PLASTICIZER**

**I.S. Ogaryev, O.Yu. Solovyeva, V.V. Vlasov, S.V. Gudkov**

Scientific Supervisor – **O.Yu. Solovyeva**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article considers the efficiency of use of RU - KS modifying agent with white carbon BS -120, organic peroxide and N,N-m-phenylene bismaleimide as compatibilizers in combination of polyvinyl chloride (PVC) with styrene butadiene synthetic rubber SBR-1500. The authors used the laboratory mill for preparing the mixtures. As shown, the first modifying system provides the higher deformation - strength properties and frost resistance of composites.*

***Keywords:** polyvinyl chloride (PVC), styrene butadiene synthetic rubber, compatibilizers, deformation - strength properties, rubber shatter point.*

Смеси на основе поливинилхлорида и каучуков, выполняющих роль высокомолекулярных пластификаторов ПВХ, используются для изготовления материалов и изделий различного назначения, в частности уплотнительных деталей автомобилей [1, 2]. При этом, если каучук полярный, в частности бутадиен-нитрильный, то вулканизаты смесей характеризуются хорошим комплексом свойств, благодаря достаточно высокому термодинамическому средству, особенно в случае СКН-40, и, как следствие, высокому уровню межфазного взаимодействия полимерных компонентов, макромолекулы которых содержат расположенные несимметрично боковые полярные группы. Однако такие композиты недостаточно морозостойки.

Для обеспечения повышенной морозостойкости целесообразным является использование неполярных каучуков, но они термодинамически не совместимы с ПВХ, в результате чего смеси, полученные на традиционном резиносмесительном оборудовании в отсутствие совмещающих добавок, дают вулканизаты с очень низкими деформационно-прочностными свойствами.

В связи с этим представляло интерес опробование применения в качестве компатибилизаторов в смесях ПВХ с неполярными каучуками ряда химически активных соединений полифункционального действия.

Объектами настоящего исследования явились смеси на основе эмульсионного поливинилхлорида Е-66 и бутадиен-стирольного каучука СКС-30АРК.

В качестве компатибилизаторов использовали известные модификаторы каучуков: молекулярный комплекс резорцина и уротропина в виде технического продукта – модификатора РУ-КС – в сочетании с белой сажой БС-120, а также N,N'-м-фениленбисмалеимид (МФБМ, технический продукт Малеимид Ф). Соотношение ПВХ и каучука по массе составляло 50 :50 и 40 : 60.

Модификатор РУ-КС в сочетании с коллоидной кремнекислотой используется в составе обкладочных резиновых смесей для повышения адгезии между резиной и кордом Модифицирующее действие этой системы заключается в том, что резорцин и уротропин при температуре выше 120 °С вступают в реакцию поликонденсации с образованием смолы. Одновременно возможна прививка модификатора к полимерам композиции [3]. Коллоидная кремнекислота способствует образованию продуктов поликонденсации с пониженной молекулярной массой и повышенным содержанием метилольных групп, ответственных за взаимодействие модификатора с полимерами.

Химическая активность производных малеимидов обусловлена наличием в их молекулах высокоэлектрофильных карбонильных групп и двойных связей [3-5]. Для инициирования взаимодействия модификатора с полимерами вводился пероксид дикумила (ПДК).

Дозировки модификаторов были выбраны на основе результатов предварительных исследований.

Бутадиен-стирольный каучук характеризуется химической активностью по отношению к указанным модификаторам, доступностью, низкой стоимо-



стью, хорошими технологическими свойствами, стойкостью к термомеханической деструкции в процессе переработки.

Смеси готовили на лабораторных вальцах 320 160/160 при температуре 125÷130 °С. Вначале подвергали вальцеванию каучук, в который затем вводили ПВХ. После охлаждения смесей в них вводилась вулканизирующая группа с последующей вулканизацией образцов в электропрессе при температуре 160 °С. Режимы изготовления смесей во всех случаях были одинаковыми. Продолжительность вулканизации выбиралась с учетом вида модификатора и состава вулканизирующей группы.

Результаты испытания композитов приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Влияние типа модифицирующей системы на свойства композитов на основе поливинилхлорида и бутадиен-стирольного каучука**

Показатель	Состав модифицирующей системы, мас. ч. на 100 мас. ч. полимеров					
	Немодифицированная композиция		Модификатор РУ-КС – 2,5; БС-120 – 6,0		МФБМ – 3,0; ПДК – 0,15	
	Соотношение ПВХ и каучука СКС-30АРК					
	50 : 50	40 : 60	50 : 50	40 : 60	50 : 50	40 : 60
$f_{100}$ , МПа	-	-	5,0	4,7	-	-
$f_p$ , МПа	4,8	4,0	6,8	7,0	6,8	6,2
$\varepsilon_p$ , %	80	120	170	280	110	130
$\theta$ , %	6,0	5,0	12,0	12,0	7,0	8,0
$T_{xp}$ , °С	минус 41	минус 43	минус 50	минус 51	минус 43	минус 45
$f_{100}$ – условное напряжение при 100 % удлинении; $f_p$ – условная прочность при растяжении; $\varepsilon_p$ – относительное удлинение при разрыве; $\theta$ – относительная остаточная деформация после разрыва; $T_{xp}$ – температура хрупкости						

Как и следовало ожидать, при постоянстве условий изготовления композитов степень улучшения комплекса их свойств зависит от химической природы компатибилизаторов. Согласно результатам однофакторного дисперсионного анализа композиты с модификатором РУ-КС, использовавшемся в сочетании с белой сажей БС-120, значимо превосходят немодифицированный композит по всем показателям. Композиты с МФБМ обнаруживают преимущество только по условной прочности при растяжении. Соотношение по массе ПВХ и каучука оказывает значимое влияние только на относительное удлинение при разрыве.

Таким образом, в выбранных условиях изготовления композитов наиболее эффективным компатибилизатором явилась система «модификатор РУ-КС

+ БС-120». В продолжение исследований планируется оптимизация режимов изготовления композитов, содержащих эту систему.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент № 2522610 РФ, С08L 9/02 (2006.01), С08L 91/02 (2006.01), С08К 3/04 (2006.01), С08К 3/06, (2006.01), С08К 3/22 (2006.01), С08К 5/09 (2006.01), С08К 5/10 (2006.01), С08К 5/18 (2006.01), С08К 5/40 (2006.01), С08К 5/43 (2006.01), С08К 5/44 (2006.01). Морозостойкая резиновая смесь: опубл. 20.07.2014, Бюл. № 20 / Н.И. Кольцов, С.В. Виноградова, Н.Ф. Ушмарин, Н.А. Чернова.
2. *Альтзицер В.С.* Производство обуви из полимерных материалов / В.С. Альтзицер, В.Н. Красовский, В.Д. Меерсон; под ред. В. А. Берестнева. Л.: Химия: Ленингр. отделение, 1987. 231 с.
3. *Туторский И.А.* Химическая модификация эластомеров / И.А. Туторский, Е.Э. Потапов, А.Г. Шварц. М.: Химия, 1993. 303 с.
4. Вулканизирующие системы с применением производных малеимидов / А.С. Пращикина, М.С. Фельштейн, В.И. Кунченко, Л.В. Серегина // *Каучук и резина*. 1973. № 1. С. 16-19.
5. *Богуславский Д.Б.* О влиянии рецептурно-технологических факторов на адгезионные и механические свойства резин, модифицированных м-фениленбисмалеимидом // *Каучук и резина*. 1980. № 2. С. 37-40.

## СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗОАМИЛЕН-ИЗОПРЕНОВОЙ ФРАКЦИИ

**Н.В. Терещенко, Э.Р. Зайнутдинов**

Научный руководитель – **Ф.Б. Шевляков**, канд. тех. наук, доцент

Уфимский государственный нефтяной технический университет

*Выделение изопрена из изоамилен-изопреновых фракций (катализаторов первой и второй стадии дегидрирования) методом ректификации затруднительно, так как температуры кипения углеводородов, входящих в эти фракции, очень близки, поэтому для выделения изопрена применяется метод экстрактивной ректификации. Данная стадия процесса является наиболее энергоемкой [1, 2]. В качестве селективного растворителя используется N,N-диметилформамид (DMFA), обладающий растворяющей способностью в большей степени к изопрену, чем к изоамиленам. Эксплуатация колонны экстракции сопровождается полимеризацией изопрена в кипятильнике колонны, что вынуждает периодически очищать поверхность трубок кипятильника, приостанавливая процесс.*

**Ключевые слова:** изоамилен-изопреновая фракция, циркуляционное орошение, изопрен, экстрактивная ректификация, термополимеризация, N,N-диметилформамид.

## METHOD FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF ISOAMYLENE-ISOPRENE FRACTION SEPARATION

**N.V. Tereshchenko, E.R. Zaynutdinov**

Scientific Supervisor – **F.B. Shevlyakov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Ufa State Petroleum Technological University

*The separation of isoprene from isoamylene-isoprene fractions (catalysts of the first and second stages of dehydrogenation) by rectification is difficult, since the boiling points of the hydrocarbons included in these fractions are very close, so the method of extractive rectification is used to isolate isoprene. This stage of the process is the most energy-intensive [1, 2]. As a selective solvent, N,N-dimethylformamide (DMFA) is used, which has a solvent capacity to a greater extent to isoprene than to isoamylenes. The operation of the extraction column is accompanied by the polymerization of isoprene in the column boiler, which forces the surface of the boiler tubes to be periodically cleaned, suspending the process.*

**Keywords:** Isoamylene-isoprene fraction, circulation irrigation, isoprene, extractive rectification, thermopolymerization, N,N-dimethylformamide.

Непрерывные исследования, разработки опытных и промышленных образцов катализаторов дегидрирования углеводородных фракций привели к

увеличению селективности применяемых катализаторов дегидрирования, изопентановой и изоамиленовой фракции при производстве изопрена двухступенчатым способом. Содержание изопрена в изопентан-изоамиленовой фракции достигает 10 %мас., в изоамилен-изопреновой фракции достигает 40 %мас., что почти вдвое выше проектных значений. Это в свою очередь вызывает осложнения при экстрактивной ректификации при выделении изопрена-сырца в виде повышенного расхода циркулирующего ДМФА, энергозатраты на обогрев ребойлера и, следовательно, интенсивного образования термополимеров в трубках ребойлера и кубовой части колонны экстракции.

Разделение изоамилен-изопреновой фракции с высоким содержанием изопрена требует проведение процесса с расходом ДМФА, превышающим регламентное соотношение 6-9:1 по отношению к изопрену, это в свою очередь способствует уносу изоамиленов в кубовую часть колонны экстракции.

С целью изучения режимных параметров колонны экстракции и поиск оптимальной схемы разделения изоамилен-изопреновой фракции, обеспечивающей снижение температуры в ребойлере, проведено моделирование объекта исследования с помощью среды Unisim Desing. Наиболее адекватные результаты по компонентному составу и основным технологическим режимам колонны экстракции в сопоставлении с промышленной установкой были получены на модели NRTL. В основу оптимизации работы колонны экстракции была положена идея рецикла углеводородных потоков с нижних тарелок на верхние.

На основании расчетных данных установлено, что проведение процесса разделения изоамилен-изопреновой фракции в колонне экстракции с применением рециклового потока насыщенного ДМФА на верхние тарелки эффективность разделения увеличивается, что отражается в снижении остаточного содержания изопрена в изоамиленовой фракции, увеличении содержания изопрена в изопрене-сырце, снижении расхода ДМФА на 80 % и снижении температуры в кубовой части колонны на 5 °С. Дальнейшее усовершенствование процесса возможно при разработке более селективных катализаторов дегидрирования и монтаже массообменных устройств с КПД→1.

Предложенная технологическая схема может быть реализована при минимальных капитальных затратах действующих установок разделения, в то время как новые проектные решения известных лицензиаров подразумевают реконструкцию всего технологического узла.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Тимошенко А.В.* Комплексы экстрактивной ректификации, включающие сложные колонны с частично связанными тепловыми и материальными потоками / А.В. Тимошенко, Е.А. Анохина, Л.В. Иванова // Теоретические основы химической технологии. 2005. Т. 39, № 5. С. 491–498.

2. *Кирпичников П.А.* Альбом технологических схем основных производств промышленности синтетического каучука: Учеб. пособие для вузов / П.А. Кирпичников, В.В. Береснев, Л.М. Попова. 2-е изд. Л.: Химия, 1986. 224 с.

**ГИДРОИЗОМЕРИЗАЦИЯ Н-ПАРАФИНОВ  
НА МИКРО-МЕЗО-МАКРОПОРИСТОМ  
СИЛИКОАЛЮМОФОСФАТЕ SAPO-11**

**З.Р. Хайруллина<sup>1</sup>, М.Р. Аглиуллин<sup>2</sup>, С.Р. Хафизова<sup>1</sup>,  
Б.И. Кутепов<sup>2</sup>**

Научный руководитель – **Б.И. Кутепов**, д-р хим. наук, профессор

<sup>1</sup>Уфимский государственный нефтяной технический университет

<sup>2</sup>Институт нефтехимии и катализа УФИЦ РАН

*Разработан способ получения гранулированного силикоалюмофосфатного молекулярного сита SAPO-11 с иерархической пористой структурой. Исследованы физико-химические и каталитические характеристики полученных материалов.*

***Ключевые слова:** цеолиты, иерархическая пористая структура, арктическое дизельное топливо.*

**HYDROISOMERIZATION OF N-PARAFFINS  
ON MICRO-MESO-MACROPOROUS SILICOALUMOPHOSPHATE  
SAPO-11**

**Z.R. Khairullina<sup>1</sup>, M.R. Agliullin<sup>2</sup>, S.R. Khafizova<sup>1</sup>, B.I. Kutepov<sup>2</sup>**

Scientific Supervisor – **D.I. Kutepov**, Doctor of Chemistry, Professor

<sup>1</sup> University Ufa State Petroleum Technological University

<sup>2</sup>Institute of Petrochemistry and Catalysis, Ufa Federal Research Centre,  
Russian Academy of Sciences

*A method for obtaining granular silicoaluminophosphate molecular sieve SAPO-11 with a hierarchical porous structure has been developed. The physicochemical and catalytic characteristics of the materials obtained have been investigated.*

***Keywords:** zeolites, hierarchical porous structure, arctic diesel fuel.*

Климатические условия северных регионов Российской Федерации обуславливают жесткие требования к качеству моторных топлив и масел, поскольку они не должны терять свои технико-эксплуатационные характеристики даже в условиях низких температур. Основным компонентом, определяющим низкотемпературные характеристики дизельных топлив и масел, характе-

ристики, такие как вязкость, температуры застывания, помутнения и др., являются нормальные парафиновые углеводороды и алкилнафтеновые углеводороды с длинной боковой цепью. Для удовлетворительной работы двигателей внутреннего сгорания их содержание в зимнем и арктическом дизельном топливе не должно превышать 2-7% мас. [1].

Традиционные получения зимних и арктических дизельных топлив методами сольвентной и каталитической депарафинизаций характеризуются рядом недостатков, в то время как селективная каталитическая гидроизомеризация *n*-парафинов лишена их. Такое преимущество гидроизомеризации перед традиционными методами обусловлено превращением высококипящих нормальных парафинов в моно-, ди- и полиразветвленные изомеры, которые характеризуются более низкими температурами застывания и помутнения, что особенно важно при эксплуатации дизельного двигателя в условиях пониженных температур [2].

Катализаторами гидроизомеризации нормальных парафиновых углеводородов являются бифункциональные системы, основной составляющей, определяющей селективность протекания процесса, являются цеолиты ZSM-23 или SAPO-11. В работах [1-2] отмечают высокую селективность SAPO-11 в гидроизомеризации высших парафинов, поскольку они обладают кислотными центрами «умеренной» силы по сравнению с алюмосиликатом ZSM-23. Наличие кислотных центров «умеренной» силы позволяет селективно проводить изомеризацию *n*-парафинов в изопарафины с низкой долей их крекинга [1]. Данное сообщение посвящено разработке воспроизводимого метода получения силикоалюмофосфатного молекулярного сита SAPO-11 высокой степени кристалличности с развитой микро-мезо-макропористой структурой.

Гранулированный силикоалюмофосфат SAPO-11 с микро-мезо-макропористой структурой был получен по методике, описанной в [3]. Для исследования физико-химических характеристик полученного материала были использованы методы рентгенофазового анализа, ВМУ ЯМР спектроскопии на ядрах  $^{27}\text{Al}$ ,  $^{31}\text{P}$ ,  $^{29}\text{Si}$  и термопрограммированной десорбции аммиака, сканирующей электронной микроскопии. Пористая структура SAPO-11 была исследована с помощью адсорбции-десорбции азота.

Гранулированный SAPO-11 с микро-мезо-макропористой структурой характеризуется площадью внешней поверхности по БЭТ 214 м<sup>2</sup>/г, объемом микро-, мезо- и макропор 0,08, 0,11 и 0,55 см<sup>3</sup>/г соответственно. Наличие мезо- и макропористой структуры силикоалюмофосфата SAPO-11 объясняется наличием конкрементов между кристаллами порошкообразного SAPO-11 и кристаллами, сформировавшиеся во время кристаллизации экструдата.

Исследование каталитических характеристик проводили на проточной каталитической установке со стационарным слоем катализатора при температуре от 250 до 350 °С и 2,0 МПа с массовой скоростью подачи сырья 1 ч<sup>-1</sup>. Для исследования каталитических характеристик на SAPO-11 была нанесена Pt методикой по водопоглощению из расчета 0,5% мас. от массы носителя. В ка-

честве катализаторов сравнения были использованы образцы импортных цеолитов.

Анализ состава жидких продуктов гидроизомеризации *n*-гексадекана на Pt/SAPO-11 показал преобладание монометилзамещенных изомеров C<sub>16</sub> – 3-метилпентадекан, 2-метилпентадекан, 8-метилпентадекан в массовом соотношении 2:1:1. При этом монометилзамещенные изомеры гексадекана, полученные на Pt/ZSM-23, содержали в своем составе 2- метилпентадекан (25% мас.), 6- и 7-метилпентадеканы (24% мас.), 3-метилпентадекан (20% мас.), 5-метилпентадекан (18%) и 4-метилпентадекан.

Результаты сравнительных испытаний показывают, что образец микро-мезо-макропористого Pt/SAPO-11 по физико-химическим и каталитическим характеристикам не уступают, а по некоторым характеристикам могут даже превосходить зарубежные аналоги. В составе жидких продуктов гидроизомеризации *n*-гексадекана на Pt/SAPO-11 преобладают 3-метилпентадекан, 2-метилпентадекан, 8-метилпентадекан в массовом соотношении 2:1:1.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Effects of particle size on bifunctional Pt/SAPO-11 catalysts in the hydroisomerization of *n*-dodecane / Ge L. [et al.] // *New Journal of Chemistry*. 2020. Т. 44, №. 7. С. 2996-3003.
2. *Jaroszewska K.* Hydroisomerization of long-chain bio-derived *n*-alkanes into mono-branched high cetane isomers via a dual-component catalyst bed / K. Jaroszewska, A. Marsalska, J.R. Grzechowiak // *Fuel*. 2020. Т. 268. С. 117239.
3. *Agliullin M.R.* Crystallization of a Pelletized High-Crystallinity SAPO-11 Molecular Sieve with a Hierarchical Pore Structure / M.R. Agliullin, Z.R. Khairullina, B.I. Kutepov // *Catalysis in Industry*. 2020. Т. 12, №. 4. С. 273-279.



## **МОДИФИЦИРОВАННЫЕ МЕТАЛЛОХЛОРИДНЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ ДЛЯ ДЕСТРУКТИВНО-КАТАЛИТИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ УГЛЕВОДОРОДНОГО СЫРЬЯ**

**С.Р. Сахибгареев, А.Д. Бадикова**

Научный руководитель – **А.Д. Бадикова**, д-р техн. наук,  
профессор

*Уфимский государственный нефтяной технический университет*

*Рассмотрены модифицированные металлохлоридные катализаторы, используемые в процессе термokatалитического расщепления углеводородного сырья. Модифицированные катализаторы представляют собой электрофильные аквакомплексы двойных солей на основе хлоридов алюминия и железа. Представлены выходы газообразных продуктов деструкции тяжелого вакуумного газойля на этих катализаторах.*

***Ключевые слова:** катализаторы каталитического крекинга, модифицированные металлохлоридные катализаторы, тяжелый вакуумный газойль, карбоний-ионный механизм.*

## **MODIFIED METAL CHLORIDE CATALYSTS FOR DESTRUCTIVE-CATALYTIC PROCESSING OF HYDROCARBON RAW MATERIALS**

**S.R. Sahibgarееv, A.D. Badikova**

Scientific Supervisor – **A.D. Badikova**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

*Modified metal chloride catalysts used in the process of thermocatalytic splitting of hydrocarbon raw materials are considered. The modified catalysts are electrophilic aqua-complexes of double salts based on aluminum and iron chlorides. The yields of gaseous degradation products of heavy vacuum gas oil on these catalysts are presented.*

***Keywords:** catalytic cracking catalysts, modified metal chloride catalysts, heavy vacuum gas oil, carbonium-ion mechanism.*

Некоторые процессы переработки нефти проводят в присутствии катализаторов, представляющих собой простые и комплексные хлориды металлов. В литературе описан процесс пиролиза бензиновой фракции при использовании безводных хлоридов щелочных металлов [1-2] с получением легких не-

предельных углеводов, являющихся важными мономерами нефтехимической промышленности.

Наиболее перспективными катализаторами из этого ряда являются комплексы хлоридов щелочных и щелочноземельных металлов с хлоридом алюминия, которые проявляют исключительную активность в деструкции высоко- и низкомолекулярных углеводов, а к тому же и дегидросульфуризации серосодержащих нефтяных фракций. В качестве таких катализаторов применяли элетрофильные аквакомплексы двойных солей, представляющих собой  $MeAlCl_4$ ,  $MeAlCl_5$ ,  $MeBiCl_4$ ,  $MeBiCl_5$  (где  $Me - Na, Li, K, Mg, Ca$ ) [3-5].

Деструктивные процессы углеводов в присутствии таких катализаторов начинается уже при 200-380 °С. Выход газообразных продуктов достигает до 93% мас.: содержание насыщенных углеводов составляет от 44-99% мас., а ненасыщенные представлены, прежде всего,  $C_4$  углеводородами изостроения.

Электрофильные комплексы использовали также в качестве модифицирующей добавки к промышленному катализатору пиролиза бензиновых фракций хлориду бария. Модификацию хлорида бария проводили введением в его состав до 10% мас. тетрахлоороалюмината натрия, что приводило к существенному изменению закономерностей процесса деструкции тяжелого вакуумного газойля при повышенных температурах. В таблице 1 представлены выходы газообразных продуктов после каталитического крекинга тяжелого вакуумного газойля на представленных катализаторах.

**Таблица 1. Выходы газообразных продуктов на тетрахлоороалюминате натрия и на хлориде бария, с модифицирующей добавкой 10% мас. тетрахлоороалюмината натрия**

Температура, °С	Объемная скорость подачи сырья	Выход газообразных продуктов, % мас.							
		Суммарный	$CH_4 + H_2$	$C_2H_4$	$C_2H_6$	$C_3H_6$	$C_3H_8$	$\Sigma C_4H_8$	$\Sigma C_4H_{10}$
На тетрахлоороалюминате натрия									
250	20*	80.5	следы	2.7	0.2	5.4	5.7	29.6	36.9
На хлориде бария, с модифицирующей добавкой 10% мас. тетрахлоороалюмината натрия									
650	0.5	57.8	6.8	12.5	6.4	17.5	0.9	13.7	–
650	1	57.5	6.9	10.9	6.9	18.2	0.2	14.4	–
700	0.5	81.5	12.4	28.0	7.0	18.3	1.0	14.8	–
700	1	80.2	11.5	21.4	8.1	23.4	0.9	14.9	–
725	0.5	82.4	19.8	32.9	7.0	18.9	0.8	3.0	–
725	1	82.1	17.0	30.0	9.1	18.3	1.2	5.5	–
750	0.5	84.0	25.7	38.9	6.2	12.2	0.6	0.4	–
750	1	83.8	20.0	33.1	8.0	17.2	0.7	4.8	–

\*Время контакта сырья с катализатором, с

Из анализа таблицы видно, что термокаталитическая деструкция углеводов на чистом тетрахлоороалюминате натрия начинается уже при малых температурах, с хорошими выходами  $C_4$  углеводородов. Добавочная модификация к катализатору на основе хлорида бария, также повышает и эффектив-

ность, и каталитическую активность катализатора, по сравнению с не модифицированным катализатором.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цадкин М.А. Пиролиз бензина в присутствии хлоридов металлов / М.А. Бадикова, А.Д. Цадкин // Вестник Башкирского ун-та. 2015. Т. 20, № 4. С. 1198-1200.
2. Fluid Catalytic Cracking of Hydrogenated Light Cycle Oil for Maximum Gasoline Production: Effect of Catalyst Composition / Haina Zhang [et al.] // Energy Fuels. 2017. Vol. 31 (3). P. 2749-2754.
3. Некоторые закономерности деструктивно-каталитической переработки нефтяного сырья на модифицированных катализаторах на основе хлоридов щелочноземельных металлов / С.Р. Сахибгареев, М.А. Цадкин, А.Д. Бадикова, Е.В. Осипенко // Башкирский хим. журн. 2020. Т. 27, № 3. С. 47-51.
4. Влияние некоторых добавок на каталитическую активность тетрахлоралюмината натрия в процессе гидрогенолиза гексилмеркаптана / С.Р. Сахибгареев, М.А. Цадкин, А.Д. Бадикова, Е.В. Осипенко // Вестник Башкирского ун-та. 2020. Т. 25, № 4. С. 829-833.
5. Высокотемпературная каталитическая деструкция мазута на модифицированном катализаторе на основе хлоридов металлов / С.Р. Сахибгареев, М.А. Цадкин, А.Д. Бадикова, О.А. Батраева, Е.В. Осипенко // Нефтепереработка и нефтехимия. Науч.-техн. достижения и передовой опыт. 2020. № 10. С. 12-14.

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

**И.И. Шамсутдинова**

Научный руководитель - **Н.В. Вадулина**, канд. техн. наук, доцент

Уфимский государственный нефтяной технический университет

*Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности, всегда имеют актуальность с учетом, как правило, суровых природно-климатических условий в перспективных регионах газодобычи. Это заставляет проводить изучение геоэкологических рисков для различных объектов газовой промышленности. При этом под геоэкологическими рисками понимают, как риски, обусловленные совокупным воздействием природных и техногенных факторов на состояние окружающей среды и здоровье человека в зонах воздействия объектов газовой промышленности, так и риски, обусловленные воздействием природных факторов на развитие самой газовой промышленности. Правила направлены на обеспечение промышленной безопасности, противоаварийной устойчивости опасных производственных объектов, создание безопасных условий труда при освоении нефтяных, газовых, газоконденсатных месторождений и гидротермальных источников энергии на территории Российской Федерации.*

## **ENSURING SAFETY IN THE DEVELOPMENT OF GAS FIELDS**

**I.I. Shamsutdinova**

Scientific Supervisor - **N.V. Vadulina**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Ufa State Petroleum Technical University

*Safety rules in the oil and gas industry are always relevant, taking into account, as a rule, harsh natural and climatic conditions in promising gas production regions. This makes it necessary to conduct a study of geoecological risks for various objects of the gas industry. At the same time, geoecological risks are understood as the risks caused by the cumulative impact of natural and man-made factors on the environment and human health in the areas affected by the gas industry facilities, and the risks caused by the impact of natural factors on the development of the gas industry itself. The rules are aimed at ensuring industrial safety, emergency resistance of hazardous production facilities, creating safe working conditions in the development of oil, gas, gas condensate fields and hydrothermal energy sources on the territory of the Russian Federation.*

На территории Российской Федерации основные запасы располагаются в Сибири, а также присутствуют они на Северном Кавказе и в Черноморском бассейне. Есть несколько наиболее крупных месторождений.

Монополистом по части разработки газовых месторождений в нашей стране является Газпром. На его долю приходится добыча около 74% всех отечественных запасов и 20% мировых.

Прогнозы на рост газодобывающей промышленности России весьма различаются в зависимости от общих будущих перспектив развития экономической ситуации в стране. В 2017 году объем добычи газа составил 691,6 млрд куб. м., что на 8,0% выше уровня 2016 года.

Добыча газа ПАО «Газпром» увеличилась на 51,9 млрд. куб. м. или на 12,4%. Добыча газа независимыми производителями и нефтяными компаниями снизилась на 1,8 млрд куб. м. (на 0,8%). Поставка газа для внутрисейского потребления увеличилась на 9,9 млрд куб. м. (2,2 %) и составила 469,6 млрд куб. метров. Увеличение потребления российского газа на европейском рынке было обусловлено ростом конкурентоспособности газа относительно альтернативных видов топлива в структуре выработки электроэнергии в Европе, благодаря ценовым факторам. Прогнозируемый рост добычи газа (до 730,1 млрд куб. м. в 2021 году и до 756,5 млрд куб. м. в 2024 году) будет обеспечиваться более активным освоением месторождений ПАО «Газпром», а также увеличением добычи независимыми производителями газа в условиях их недискриминационного доступа к Единой газотранспортной системе. При этом спрос на внутреннем рынке газа стабилизируется и к 2024 году составит 491,1 млрд. куб. м. (484,8 млрд куб. м. в 2021 г.), а сохранение спроса на внешнем рынке позволит обеспечить экспорт газа на уровне 235,3 млрд. куб. м. (220 млрд куб. м. в 2021 году). К 2024 году экспорт СПГ увеличится до 37,5 млрд куб. м. (35,5 млрд куб. м. в 2021 году).

Наиболее эффективный и распространённый метод добычи газа, но в то же время самый дорогостоящий – это бурение. До его использования требуется предварительное изучение горных пород.

Основное оборудование для добычи природного газа – это буровой станок. Он представляет собой долото, подвешенное на канате, который то опускали, то поднимали благодаря вороту. Более выгодный и быстрый другой метод бурения – роторный, при нем скважина высверливается. К специальной ажурной четырехногой вышке из металла высотой 20-30 метров подвешена стальная толстая труба. Она вращается с помощью ротора. На нижнем конце этой трубы находится бур. Постепенно, по мере увеличения глубины скважины, трубу удлиняют. Для того чтобы разрушенная порода не забивала скважину, то в нее через трубу с помощью насоса нагнетают специальный глинистый раствор. И этот раствор промывает скважину, удаляет из нее вверх по щели между стенами и трубой скважины разрушенные песчаник, глину, известняк. Плотная жидкость одновременно поддерживает стенки скважины, и не дает им обрушиться.

Для равномерного снижения давления и ускорения процесса добычи газа, бурится сразу несколько скважин на одном месторождении. Подъем газа через скважину осуществляется естественным образом – газ перемещается к

зоне меньшего давления. Поскольку после добычи газ содержит различные примеси, следующим этапом его очищают.

Источниками загрязнения окружающей среды при бурении скважин являются буровые установки, промывочные жидкости, буровые сточные воды и шлам, двигатели внутреннего сгорания, различные производственные и хозяйственно-бытовые отходы и др. Влияние этих загрязнителей неодинаково и зависит от типа буровой установки; способа монтажа и вида привода; способа бурения и конструкции скважины; продолжительности строительства скважины; природно-климатических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий района работ.

На всех этапах освоения месторождений проявляются следующие отрицательные воздействия на окружающую природную среду:

- при бурении скважин: выбросы в атмосферу при продувках и разгерметизации оборудования, открытое аварийное фонтанирование, отходящие газы от силовых приводов и передвижных источников загрязнения; отводимые на рельеф пластовые воды, отработанный буровой раствор в амбаре, стоки с обмыва вибросит, отработанная буферная жидкость, стоки с опрессовки бурового инструмента и обсадочных труб, стоки с промывки цементировочных агрегатов, стоки с питания вакуумных насосов, хозяйственно-бытовые стоки, твердые отходы вышкомонтажных и буровых работ; техногенный бурение природоохранный месторождение;

- при строительстве необходимых объектов и сооружений: площади временного и постоянного отчуждения земель, выбросы от стационарных тепловых энергетических объектов, от временных поселков строителей, трубосварочных баз и передвижных установок, выбросы газа при пневматическом испытании трубопроводов, сбросы воды при гидравлических испытаниях в амбары-отстойники и на рельеф, твердые строительные и буровые отходы, промстоки и отходы промышленной и селитебной (в пределах СЗЗ) зон;

- при добыче углеводородов: кусты эксплуатационных скважин (выбросы в атмосферу при плановых продувках и разгерметизации устьевого оборудования), продуктопроводы с ингибиторами, установки комплексной подготовки газа (УГПГ), выбросы в атмосферу от продувочных свечей, от печей регенерации ДЭГ, цехов компримирования газа, от факельного хозяйства объектов энерго- и теплоснабжения; сброс хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод, в том числе в канализационные очистные сооружения, в поглощающие скважины, в поверхностные водные объекты и на рельеф.

Итак, при проведении буровых работ основные виды нарушений природной среды следующие:

- загрязнение местности сточными водами, промывочной жидкостью и химическими реагентами, остатками горюче-смазочных материалов;

- загрязнение атмосферы выбросами двигателей внутреннего сгорания, котельных, испарением газообразных продуктов, пылью и аэрозолями, складываемыми отходами;

- нарушение естественной изоляции между пластовыми флюидами в земных недрах, химическое загрязнение горизонтов подземных вод;
- переток подземных вод с одного водоносного горизонта в другой при неудовлетворительной организации разобщения пластов;
- загрязнение поверхностных вод различными маслами, нефтепродуктами и химическими веществами.

Развитие основных отраслей народного хозяйства требует расширения минерально-сырьевой базы и топливно-энергетических ресурсов, что неразрывно связано с увеличением объемов буровых работ по поиску и детальной разведке важнейших видов полезных ископаемых, но, тем не менее, нужно обеспечить максимальную эффективность защиты окружающей среды и надежной охраны недр. В процессе бурения скважин необходимо прогнозировать и предусматривать реализацию комплексных технологических мер по предотвращению возможных осложнений и аварий, особое внимание уделяя межпластовой изоляции, заканчиванию и ликвидации скважин и амбаров после окончания буровых работ, а также организации систематических наблюдений за состоянием окружающей среды после рекультивации нарушенных земель.

Мероприятия по защите окружающей среды при бурении скважин

- совершенствование экологически безопасной техники и технологии бурения скважин различного назначения»
- проектирование и обязательное выполнение всех мероприятий по защите окружающей среды в процессе бурения и крепления скважин;
- разработка и применение новых экологически безопасных материалов и химических реагентов для приготовления буровых и тампонажных растворов и совершенствование их рецептуры;
- разработка нормативных документов с научно обоснованными методами расчета расходов материалов для проведения буровых работ, общего объема используемых буровых и тампонажных растворов, жидких и твердых отходов бурения;
- совершенствование конструкций и технологии строительства емкостей и отстойников для хранения отходов бурения;
- разработка методов обезвреживания отходов бурения, их утилизации и переработки по безотходной технологии;
- совершенствование методов контроля за качеством исходных материалов, отходов бурения, состоянием окружающей среды.

В первую очередь важно провести контроль за состоянием ОПС это: контроль на поверхностных водоемах; контроль за состоянием подземных вод; контроль за состоянием хозяйственного водоснабжения; контроль за состоянием почв в районах строительства скважин; контроль за объемом и рациональным использованием природных вод; контроль за степенью очистки сточных вод; контроль за ходом и результатами обезвреживания БШ, ОБР.

Загрязнение ОПС при строительстве скважин может быть снижено в результате:

- разработки и применения нетоксичных химических реагентов и систем буровых растворов;
- снижения объемов (исключения) применения нефти для обработки растворов в качестве профилактической противоприхватной добавки и замены ее не токсичными смазками (ГКЖ, спринт и т.д.);
- применения ингибированных буровых растворов, уменьшающих объемы наработки отходов бурения;
- разработки новых рецептур буровых растворов, снижающих степень токсичности для объектов ОПС каждого компонента и системы в целом;
- очистка, утилизация и обезвреживание отходов бурения (физико-химический, механический).

Несмотря на прогнозы о том, что в ближайшем будущем топливная промышленность якобы останется не у дел, специалисты предрекают таким полезным ископаемым, как нефть и газ, продолжительную актуальность и еще не скорый закат.

Сейчас темпы добычи и одного, и другого ископаемого остаются высокими, согласно прогнозам, пик их актуальности придется на 2023 год, именно поэтому добывающие организации осваивают передовые методы и технологии, для еще большего обнаружения и получения их максимальных запасов, которые в свою очередь направлены на защиту окружающей среды и охрану недр. Далее представлены некоторые из них:

- Сейсмический поиск в формате 3D и 4D представляет собой изучение основных характеристик горных пород с целью выявления того, какая порода находится в данном месте, и насколько глубоко от поверхности она залегает. Главными ориентирами здесь выступают закономерности, наблюдаемые в земной коре при искусственном создании упругих волн. Эти периодические колебания вызываются благодаря: взрывам тротиловых зарядов и вибрационному воздействию.

- Колтюбинговые конструкции - (колонна гибких труб) в настоящий момент оборудование, выполненное по этой технологии, считается самым инновационным среди остальных. Принципиально новым здесь является отказ от традиционных сборных бурильных установок в пользу гибких непрерывных (безмуфтовых) труб. Этот метод позволяет нефтяной и газовой промышленности: становиться все менее зависимой от расходов; уменьшать количество отходов; сокращать время эксплуатации в 3-4 раза по сравнению с выполнением работ в рамках обычного способа.

- Транспортировка и хранение- сегодня все организации используют новейшую технологию универсальных контейнеров-цистерн по стандарту ISO, которые не загрязняют атмосферу ввиду отсутствия малейших дыр и трещин даже на стыковых местах. Однако некоторые компании модернизировали их в самостоятельные долгосрочные хранилища для ценных ресурсов. Подобный метод позволяет значительно сэкономить на капиталовложениях, ведь не требует ни насосного оборудования для перекачки, ни взаимодействия с посредническими нефтяными и газовыми базами. Одним из активно осваиваемых в



настоящее время способов хранения газа также является помещением их в подземные резервуары многолетнемерзлых дисперсных пород. Они не сказываются на качестве хранимых продуктов даже при продолжительном контакте и отвечают требованиям по стабильной устойчивости. Будущая «емкость» оттаивается, после чего очищается от водогрунтовой смеси, заполняется и тем самым как бы герметично закупоривается. Оптимальное решение для длительного сбережения ресурсов. В отличие от наземных стальных тар, подземные многолетнемерзлые массивы оказываются предельно чистыми с экологической точки зрения и практически невзрывоопасными, ведь регулируются естественными условиями.

Рассмотренные направления работ по охране недр газовых месторождений, конечно, не исчерпывают всех задач этого важного участка деятельности геологов-нефтяников. Конкретные проявления техногенных изменений в недрах при поисках, разведке и разработке нефтяных месторождений могут быть очень разнообразными и приводить ко многим не всегда прогнозируемым последствиям.

Актуальность задачи комплексного использования и охраны недр требует усиления внимания к решению этих вопросов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Быков И.Ю.* Техника экологической защиты Крайнего Севера при строительстве скважин. Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1991. 240 с.
2. *Быков И.Ю.* Охрана окружающей среды при строительстве скважин / И.Ю. Быков, А.С. Гуменюк, В.И. Литвиенко. М.: ВНИИОЭНГ, 1985. 37 с. (Обзор. информ. Сер. Коррозия и защита окружающей среды в нефтегазовой пром-сти).
3. *Булатов А.И.* Методы и техника очистки и утилизации отходов бурения / А.И. Булатов, В.А. Левшин, В.Ю. Шеметов. М.: ВНИИОЭНГ, 1989. 56 с. (Обзор информ. Сер. Борьба с коррозией и защита окружающей среды).
4. *Король В.В.* Утилизация отходов бурения скважин / В.В. Король, Г.Н. Позднышев, В.Н. Маньрин // Экология и промышленность России. 2005. № 1. С. 40-42.

## ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ СКВАЖИНЫ К ОБРАБОТКЕ ЭНЗИМ-КОМПЛЕКСАМИ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ

**В.И. Щетников<sup>1</sup>, Э.М. Велиев<sup>2</sup>, Е.А. Удалова<sup>2</sup>, П.Е. Шавшуков<sup>2</sup>**

Научный руководитель – **Е.А. Удалова**, д-р техн. наук,  
профессор

<sup>1</sup>*Уфимский государственный нефтяной технический университет*  
<sup>2</sup>*СП «Вьетсовпетро», Социалистическая Республика Вьетнам*

*Представлены этапы подготовки скважин морских месторождений Вьетнама к обработке реагентами, содержащими комплексы энзимов. Показаны критерии выбора скважин, подходящих для такой обработки, предложены варианты расстановки оборудования для закачки реагентов.*

**Ключевые слова:** морские нефтяные месторождения; нефтеотдача; обработка скважин; реагенты для увеличения нефтеотдачи; энзим-комплексы.

## OIL WELLS PREPARATION FEATURES TO PROCESSING WITH ENZYME COMPLEXES TO INCREASE OIL PRODUCTION

**V.I. Shchetnikov<sup>1</sup>, E.M. Veliev<sup>2</sup>, E.A. Udalova<sup>2</sup>, P.E. Shavshukov<sup>2</sup>**

Scientific Supervisor – **E.A. Udalova**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

<sup>1</sup> Ufa State Petroleum Technological University

<sup>2</sup> JV Vietsovpetro, Socialist Republic of Vietnam

*The stages of preparation of wells of Vietnamese offshore fields for treatment with reagents containing enzyme complexes are presented. Criteria for selecting wells suitable for such treatment are shown, options for placing equipment for pumping reagents are proposed.*

**Keywords:** offshore oil fields; oil recovery; oil wells treatment; reagents for enhanced oil recovery; enzyme complexes.

Использование комплексов на основе энзимов является новой эффективной технологией, действующей за счет изменения смачиваемости пород

нефтью. Для проведения технологии увеличения нефтеотдачи на месторождениях СП «Вьетсовпетро» выбираются скважины с соответствующими критериями.

При выборе скважин для воздействия, в качестве главного показателя, следует принимать прогнозируемое значение возможного повышения ее продуктивности и дебита, при условии восстановления или улучшения проницаемости околоствольной зоны пласта.

В случае отсутствия однозначной информации об ухудшении фильтрационных свойств пласта в околоствольной зоне для ее уточнения и оценки целесообразности выполнения интенсификации могут быть проведены специальные гидродинамические исследования.

Для проведения закачки энзим-комплексов в эксплуатационную скважину составляется план работ по воздействию на пласт, включающий в себя:

- данные по скважине;
- текущее состояние скважины;
- цель проведения обработки;
- ранее проведенные работы по скважине;
- данные ГДИ по скважине до ОПЗ;
- подготовительные работы;
- последовательность операций при закачке;
- меры безопасности;

По геолого-физическим характеристикам пласта и конструкции скважины производится расчет закачиваемых объемов (энзим-раствор и продавочная жидкость). После этого приготавливается на производственной базе СП «Вьетсовпетро» энзим-раствор в расчетном объеме.

На место проведения работ (МСП и БК) доставляются емкости с энзим-раствором, кислотные насосы типа TWS-250 (500) и контейнеры ЗИП.

Выполняется работа по расстановку оборудования для проведения закачки энзим-раствора и обвязываются приемные и нагнетательные линии с насосами:

- нагнетательные линии для закачки энзим-раствора выполняются из труб с быстроразъемными соединениями (БРС), приемные линии от емкостей выполняются из специальных шлангов с БРС;

- насосы типа TWS со штатными расходомерами для закачки энзим-растворов и дизельные топлива;

- емкости с энзим-растворами.

Опрессовывают морской водой нагнетательные линии от насосов до скважины на полуторократное ожидаемое давление, но не выше 320 атм.

Подготавливают линию (проверить герметичность шланга), закачки дизельного топлива в емкость 10 м<sup>3</sup>, заземляют насосы, а также производится замер давления в трубном и затрубном пространстве. Опрессовывают шланг от насоса TWS-250 до емкости с энзим-раствором.

Подготовка к разработке технологии увеличения нефтеотдачи на основе использования энзим-комплексов заканчивается составлением акта на подготовку скважины и оборудования для производства работ по закачке энзим-раствора.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Щетников В.И.* Комбинированное применение энзим-растворов, стабилизаторов и ПАВ для интенсификации добычи нефти в условиях СП «Вьетсовпетро» / В.И. Щетников, М.М. Велиев // Инновации и наукоемкие технологии в образовании и экономике: матер. VIII Междунар. науч.-практ. и метод. конф. Уфа: Изд-во БГУ, 2019. С. 97-99.
2. *Щетников В.И.* Критерии выбора эксплуатационного объекта применения технологии интенсификации добычи нефти на основе энзим-комплексов / В.И. Щетников, Э.М. Велиев // Инновации и наукоемкие технологии в образовании и экономике: матер. VIII Междунар. науч.-практ. и метод. конф. Уфа: Изд-во БГУ, 2019. С.94-95.

# СЕКЦИЯ «ПРОМЫШЛЕННАЯ ЭКОЛОГИЯ»

УДК 665.7.035.6

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ МАРОК SAE 10W-40 И SAE 20W-50

**Н.Е. Бузина, К.Р. Румянцева, С.Д. Тимрот, Н.Л. Маркелова**

Научный руководитель – **Н.Л. Маркелова**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье приводятся данные реологического исследования отработанных моторных масел всесезонного использования марок SAE 10W-40 и SAE 20W-50. Показано, что данные системы по вязкостно-температурным свойствам относятся к ньютоновским жидкостям.*

**Ключевые слова:** отработанные моторные масла, реология, напряжение сдвига, динамическая вязкость.

## INVESTIGATION OF THE RHEOLOGICAL PROPERTIES OF USED MOTOR OILS BRANDS SAE 10W-40 AND SAE 20W-50

**N.E. Buzina, K.R. Rumyantseva, S.D. Timrot, N.L. Markelova**

Scientific Supervisor - **N.L. Markelova**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article presents the data of a rheological study of used motor oils of all-season use of the SAE 10W-40 and SAE 20W-50 brands. It is shown that these systems refer to Newtonian fluids in terms of their viscosity-temperature properties.*

**Keywords:** used engine oils, rheology, shear stress, dynamic viscosity.

Моторные масла имеют широкое применение в автомобильной промышленности. Главное их назначение – передача давления на комплектующие, использование в качестве смазки, охлаждения, уменьшение трения, коррозии, а так же вывода продуктов сгорания [1].

Целью научной работы стало провести исследование реологических свойств отработанных моторных масел. В качестве объектов исследования выбраны отработанные масла марок SAE 10W-40 и SAE 20W-50.

В таблице 1 представлены показатели качества данных моторных масел.

**Таблица 1. Показатели качества моторных масел марок SAE 10W-40 и SAE 20W-50**

Показатель	Марка масла	
	SAE 10W-40	SAE 20W-50
Сезон использования	Всесезонный	
Плотность при 15 °С, г/см <sup>3</sup>	0,867	0,893
Температура вспышки в открытом тигле, °С	235	260
Степень морозостойкости, °С	До -30	До -20
Максимальный температурный предел, при котором масло не теряет своих технических характеристик, °С	40	50
Щелочное число, мг КОН/г	8,6	8,7
Сульфатная зольность, %	-	1,2

Одним из важных показателей качества масел является вязкость. Исследование вязкостных свойств отработанных масел позволяет оценить изменение их свойств в процессе эксплуатации, получить данные, необходимые для разработки схем утилизации масел и получить представление о структуре материала.

Для исследования вязкости в работе использовался ротационный вискозиметр марки Реотест-2. Реотест-2 позволяет замерять в широком диапазоне напряжение и скорость сдвига и позволяет получить полную реологическую кривую течения материала при различных температурах.

Ротационный вискозиметр Реотест-2 используется для определения вязкости ньютоновских жидкостей и проведения реологических исследований неньютоновских систем. Измерения проводятся по методу коаксиальных цилиндров, так же возможно проведение исследований методом конус-плоскость [2].

Для поддержания температуры в камере испытания был использован водяной термостат с точностью до 0,5 °С.

Для маловязких систем использовали систему S1. Вязкость отработанного масла была замерена при различных скоростях сдвига  $\dot{\gamma} = 0,624\text{--}272,918 \text{ с}^{-1}$  в диапазоне температур от 20 до 60 °С.

Результаты исследований приведены на рис. 1-4.

Установлено, что вязкость отработанных масел постоянна в широком диапазоне напряжений сдвига, зависит от температуры и не зависит от градиента скорости. Наглядно видно, что напряжение сдвига пропорционально скорости сдвига. При относительном покое напряжение равно нулю, следовательно, отработанные масла марок SAE 10W-40 и SAE 20W-50

являются ньютоновскими жидкостями.

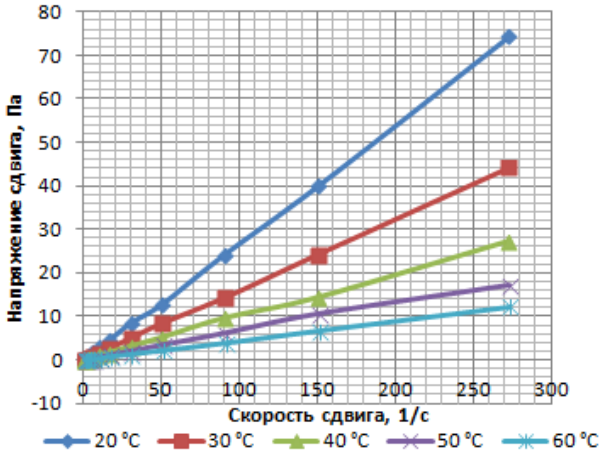


Рис.1. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига отработанного масла марки марок SAE 10W-40

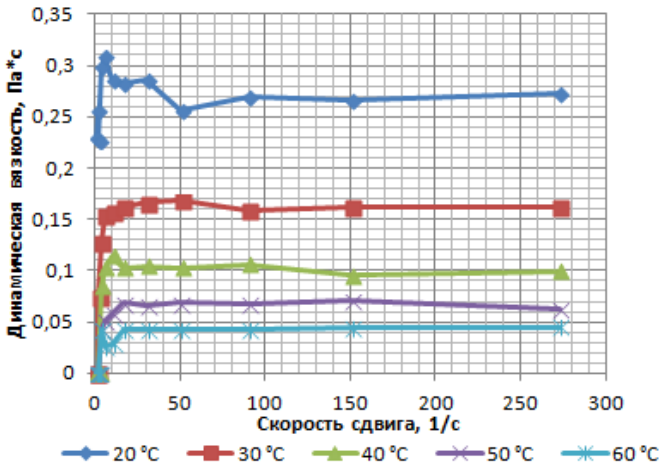


Рис.2. Зависимость динамической вязкости от скорости сдвига отработанного масла марки марок SAE 10W-40

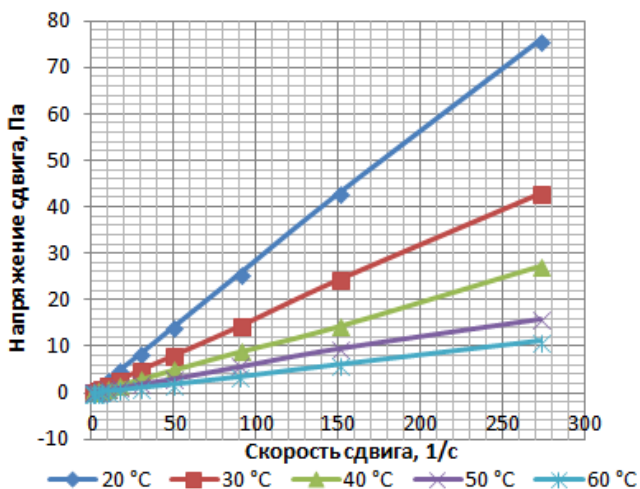


Рис. 3. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига отработанного масла марки марок SAE 20W-50

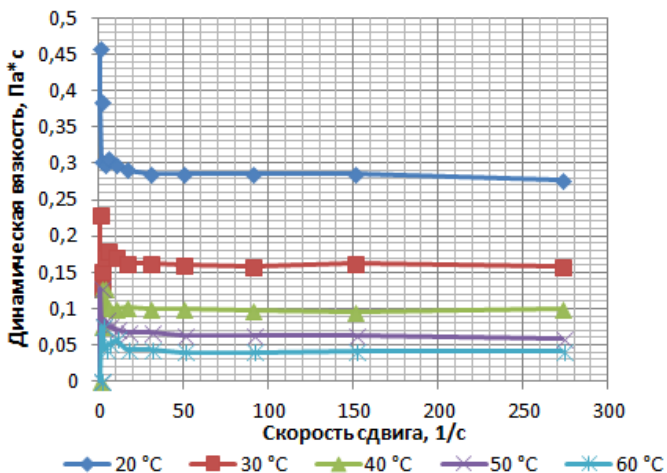


Рис. 4. Зависимость динамической вязкости от скорости сдвига отработанного масла марки марок SAE 20W-50

Для получения количественной оценки зависимости вязкости от температуры была определена энергия активации вязкого течения отработанных масел.



Энергию активации определяли по экспериментальным значениям вязкости суспензии в системе S1 при  $\gamma = 90,234 \text{ с}^{-1}$ .

В результате эксперимента получили следующие значения (таблица 2).

**Таблица 2. Энергия активации отработанных масел**

Материал	E, кДж/моль
1.Отработанное масло марки SAE 10W-40	38,30
2. Отработанное масло марки SAE 20W-50	41,07

Как видно из полученных данных, представленных в табл. 2, отработанные масла имеют достаточно высокую энергию активации. Практическое значение полученных результатов заключается в возможности определения оптимальной температуры для процесса перекачки отходов или проектирования процессов их переработки в полезные продукты.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Автомобильное масло, свойства, характеристики, применение. URL: <https://oavtomasle.ru/klassifikatsiya-masel/avtomobilnoe-maslo> (Дата обращения 13.03.2021)
2. *Забодалова Л.А.* Инженерная реология: Учеб.-метод. пособие / Л.А. Забодалова, М.С. Белозерова. СПб.: Университет ИТМО, 2016. 41 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ КАРЬЕРНЫХ ВОД

**Д.С. Веселов, Е.Л. Никитина**

Научный руководитель – **Е.Л.Никитина**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Очистка шахтных вод перед сбросом в реки и водоемы является необходимой мерой для предотвращения негативного воздействия на окружающую среду. Выбор технологической схемы очистки осуществлялся исходя из химического анализа шахтной воды и объемов загрязненных вод.*

**Ключевые слова:** шахтные воды, реагентная очистка, подземные, поверхностные природные воды.

## RESEARCH OF MINE WATER TREATMENT TECHNOLOGY

**D.S. Veselov, E.L. Nikitina**

Scientific Supervisor – **E.L. Nikitina**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Treatment of mine water before discharge into rivers and reservoirs is a necessary measure to prevent negative environmental impacts. The choice of the technological scheme of treatment was carried out based on the chemical analysis of the mine water and the volume of contaminated water.*

**Keywords:** mine water, reagent treatment, underground, surface natural water.

Одной из ведущих отраслей производства в Российской Федерации является горнодобывающая промышленность. Она обеспечивает все отрасли, как первичным сырьём, так и энергетическим. Горнодобывающая отрасль Оренбургской области сосредоточена в её северной части, на Среднем Урале. Ведущими полезными ископаемыми являются: нефть, природный газ и конденсат, асфальтиты; бурые угли и горючие сланцы; каменные и калийно-магнезиальные соли, фосфориты; мел, гипс, строительные пески и песчано-гравийные смеси, кирпичные глины[1].

В настоящее время актуальность очистки шахтных вод обусловлена охраной природных вод и высокими штрафами (нормативами платы) за загрязнение водных объектов. По данным Государственного доклада о состоянии окружающей среды, в 2009 году добывающей промышленностью было сброшено в водные объекты 1 423,59 млн м<sup>3</sup> сточных вод, из них порядка 30% сброшено без очистки.

Многолетний сброс загрязненных сточных вод приводит к снижению самоочищающей способности большинства рек и в частности, малых рек. Основной причиной неудовлетворительного экологического состояния водных объектов вблизи добычи полезных ископаемых заключается в сбросе больших объемов загрязненных вод, что связано с перегруженностью и низкой эффективностью работы имеющихся очистных сооружений или их отсутствием. Объем образующихся шахтных вод зависит от многих факторов и составляет от 100 до 1000 м<sup>3</sup>/ч. Шахтные воды принято подразделять по физико-химическому составу на кислотные, минерализованные и загрязненные взвешенными частицами породы. Формирование состава шахтных вод зависит от гидрологических, горно-геологических и горнотехнических факторов. В зависимости от глубины залегания полезных ископаемых состав шахтных вод имеет различный химический состав. Физико-химический состав этих вод отличается большим разнообразием, что определяется не только технологическими и производственными факторами, но и различным составом подземных и поверхностных вод в районах разработки полезных ископаемых.

Увеличение объемов добычи, переход на более глубокие горизонты, приводят к увеличению объемов шахтных вод [2, 3], их загрязненности различными веществами, вследствие чего происходит истощение подземных водоносных горизонтов. Образованию щелочных вод гидрокарбонатно-натриевого типа способствуют десульферирующие бактерии. Гидрокарбонатные воды переходят в гидрокарбонатно-сульфатные и сульфатно-гидрокарбонатные с увеличением глубины. В засушливых районах повышается минерализация грунтовых вод [4]. Шахтные воды, которые образуются в результате разработки месторождений полезных ископаемых, по действующим санитарным нормам и правилам должны проходить очистку до того, как будут сброшены в открытый водоем, поскольку содержат вещества в концентрациях, превышающих предельно допустимые для рыбохозяйственных водоемов. Сточные воды представляют сложные многокомпонентные системы органического и неорганического происхождения [5].

Универсального решения проблемы очистки шахтных и карьерных вод не существует, так как состав их значительно отличается, и они имеют непостоянный расход. Это приводит к высоким экономическим затратам при реализации различных схем очистки. Такая вода не может сбрасываться в водоемы и использоваться для технического водоснабжения, без соответствующей очистки. Для очистки шахтных вод используется широкий спектр способов, но применяемые технологии в основном сводятся к механической очистке. К ос-

новным методам очистки относят: отстаивание, осветление в слое взвешенного осадка, фильтрование, а также удаление взвешенных веществ под действием центробежных сил. Реагентная очистка является одним из наиболее эффективных методов. Достоинством данного способа является обезвреживание стоков разных объемов с любой заданной концентрацией ионов тяжелых металлов.

Разработана технология очистки шахтных вод Оренбургской области, содержащих катионы жесткости со значительным количеством сульфатов, хлоридов, а также взвешенных веществ. Первичной стадией очистки вод является отстаивание с добавлением реагентов, ускоряющих образование осадка. Наиболее эффективным способом является известково-содовый метод очистки, который обеспечивает снижение щелочности, общей жесткости обрабатываемой воды, а также снижение содержания катионов тяжелых металлов. Для ускорения осветления, добавляли флокулянт. Подобраны оптимальные концентрации реагентов и составлена матрица планирования эксперимента.

Очищенные шахтные воды используются в процессе добычи полезных ископаемых для нужд комплексного обеспыливания, а также для устройства водяных заслонов на входящей и исходящей струях забоев, пластов или крыльев шахт; для орошения забоя при работе очистных и подготовительных комбайнов, транспортных средств; при бурении дегазационных скважин и шпуров с промывкой; на обмывку стенок основных и вспомогательных выработок для предупреждения и локализации взрыва породной пыли. Кроме того, значительный объем шахтной воды необходим поверхностным комплексам шахт и обогатительным фабрикам.

В соответствии с требованиями к качеству очистки шахтных вод предприятиям необходимо модернизировать очистные сооружения и внедрять новые и эффективные технологии, а также предусматривать возможность рационального использования, образующихся осадков.



Рис. 1. Карьерные воды

**Таблица 1. Состав карьерных вод**

Показатели	pH	Cu <sup>+2</sup>	Zn <sup>+2</sup>	Fe <sup>+3</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl	Взвеш. вещ.	Нефте прод.	Жесткость
Среднегодовые значения, мг/дм <sup>3</sup>	9,5	0,76	0,17	2,1	782	48,5	2269,3	550,3	160	0,21	42,9

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексная переработка шахтных вод / А.Т. Пилипенко [и др.]; под ред. А.Т. Пилипенко. Киев: Техника. 1985. 183 с
2. Куликова А.А. Формирование шахтных вод и анализ способов их очистки / А.А. Куликова, Ю.А. Сергеева, Т.И. Овчинникова // Горный информ.-аналит. бюллетень. 2020. №7. С.135-145.
3. Войтович С.П. Геохимические особенности шахтных вод угольных бассейнов Украины и России // Молодой ученый. 2015. № 23. С. 395-397.
4. How to tackle the stringent sulfate removal requirements in mine water treatment — A review of potential methods / H. Runtti, E.T. Tolonen, S. Tuomikoski, U. Lassi, T. Luukkonen // Environmental Research. 2018. Vol. 167. P. 207-222.
5. Лебедев В.С. Остаточные газовые компоненты угольных пластов: состав, содержание, потенциальная опасность / В.С. Лебедев, О.В. Скопинцева // Горный журнал. 2017. № 4. С. 84-86.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АКТИВАЦИИ МАГНЕТИТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ**

**А.М. Геннадьева, В.М. Макаров, С.З. Калаева, Е.А. Королева**

Научные руководители – **С.З. Калаева**, канд. техн. наук, доцент,  
**Е.А. Королева**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается исследование влияния активации магнетита на эффективность очистки хромсодержащих сточных вод. Исследовано влияние ЭМП на магнитные свойства магнетита. Определены параметры, влияющие на эффективность очистки.*

***Ключевые слова:** магнетит, намагниченность насыщения, эффективность очистки, хромсодержащие сточные воды, активация, электромагнитные поля.*

## **STUDY OF THE INFLUENCE OF MAGNETITE ACTIVATION ON THE EFFICIENCY OF WATER PURIFICATION FROM HEAVY METAL IONS**

**A.M. Gennadieva, V.M. Makarov, S.Z. Kalaeva, E.A. Koroleva**

Scientific Supervisor – **S. Z. Kalaeva**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor, **E. A. Koroleva**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

*The study of the influence of magnetite activation on the efficiency of purification of chromium-containing wastewater is considered. The influence of EMF on the magnetic properties of magnetite has been investigated. The parameters influencing the cleaning efficiency have been determined.*

***Keywords:** magnetite, saturation magnetization, purification efficiency, chromium-containing wastewater, activation, electromagnetic fields.*

Электромагнитные методы интенсификации технологических процессов – это методы, в которых в качестве интенсифицирующего фактора служит энергия электромагнитного поля (ЭМП).

Для создания ЭМП широко используют электромагниты, а в специальных цепях – сверхпроводящие системы [1]. В электромагнитах магнитный

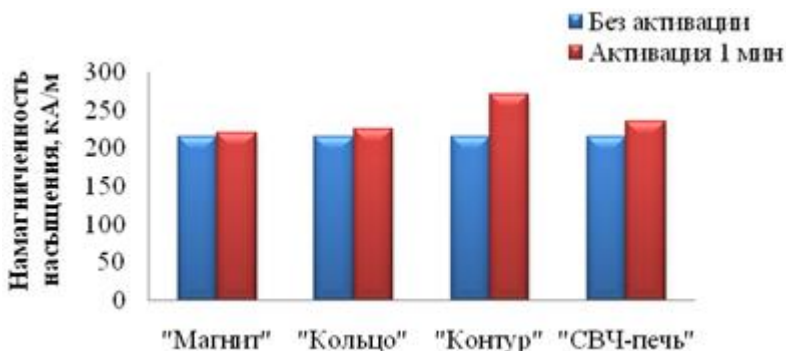
поток, создаваемый обмоткой, через которую пропускается электрический ток, концентрируется магнитопроводом из ферромагнитного материала. Максимальное значение магнитной индукции зависит от насыщения материала и для железа составляет 2,14 Тесла (Тл), а для пермендюра (сплав 50% железа и 50% кобальта) – 2,37 Тл.

В процессе синтеза магнетита с целью достижения более высоких значений намагниченности насыщения магнетита и, следовательно, эффективности очистки воды от ионов тяжелых металлов с помощью магнетита была произведена его обработка переменным ЭМП.

Исследовано влияние ЭМП на магнитные свойства магнетита, полученного термовосстановительным способом с использованием железосодержащих отходов (ЖСО). В исследованиях использовались следующие электромагнитные аппараты с условными названиями: аппарат «Кольцо», установка «Магнит», установка «Контур», «СВЧ-печь». Параметры электромагнитных аппаратов представлены в таблице 1. Результаты исследований представлены зависимостями на рис. 1.

**Таблица 1. Параметры электромагнитных аппаратов**

Установка	Напряжение, В	Частота, Гц	Магнитная индукция, Тл
«Кольцо»	37	50	0,053
«Магнит»	21,5	50	0,032
«Контур»	75	50	0,11
«СВЧ-печь»	220	$2,45 \cdot 10^9$	$4 \cdot 12 \cdot 10^{-6}$



**Рис. 1. Диаграмма зависимости намагниченности насыщения от активации магнетита**

Максимальная намагниченность насыщения магнетита при активации в течение 1 минуты достигается на установке «Контур», что связано с самым высоким значением магнитной индукции. На установке «СВЧ-печь» несмотря на наименьшее значение магнитной индукции, но частоте, превышающей на 7

порядков частоту всех остальных установок, намагниченность насыщения магнетита также повышается. В обоих случаях это можно объяснить сильным влиянием электромагнитного поля на уменьшение размера частиц магнетита, что приводит сначала к увеличению намагниченности насыщения с последующим, достаточно резким, падением ее величины. Это связано с известной зависимостью чрезмерного уменьшения величины частиц магнитномягких материалов и симбатного уменьшения намагниченности насыщения [2].

Ранее [3] был описан адсорбционный метод очистки сточных вод от ионов хрома (VI) с использованием магнетита – комплекса оксидов двух- и трехвалентного железа ( $Fe_3O_4$ ). Преимущество такого материала определяется структурой магнетита (кристаллической решеткой) и возможностью встраивания в нее ионов хрома, а также возможностью последующего осаждения магнетита под действием магнитного поля.

Целью настоящей работы явилось исследование влияния активации магнетита на эффективности очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, в частности от ионов хрома (VI).

В качестве исследуемых сорбентов при очистке хромсодержащих сточных вод были использованы активированные и неактивированный магнетиты, полученные из ЖСО.

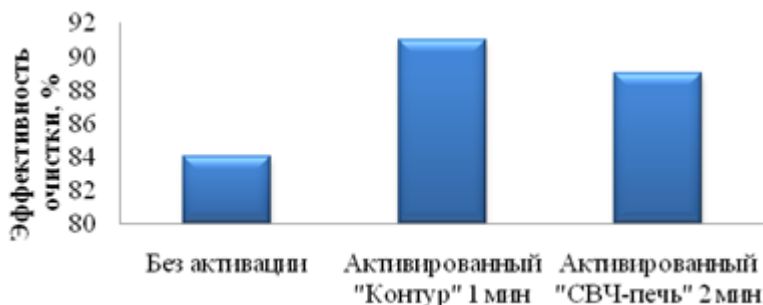
Процесс очистки проводился в три этапа (рис. 2).



**Рис. 2. Схема очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов с помощью магнетита**

Результаты исследования показаны на рис. 3.





**Рис. 3. Зависимость эффективности очистки хромосодержащих сточных вод от активации магнетита**

Как видно из рис. 3, наиболее высокая эффективность достигается при использовании сорбента – магнетита, активированного на установке «Контур».

Таким образом, результаты исследования показывают возможность повышения эффективности очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов на 5-7% при использовании активированного в ЭМП магнетита в качестве сорбента.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Брехна Г.* Сверхпроводящие магнитные системы: пер. с англ. М.: Мир, 1976. 704 с.
2. *Мишин Д.Д.* Магнитные материалы. М.: Высшая школа, 1981. 278 с.
3. Исследование эффективности очистки хромосодержащих сточных вод с помощью магнетита / Л.П. Мартынова, А. А. Бакланова, С.З. Калаева, Е.А. Королева // Семьдесят третья всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с междунар. участием. 20 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 2 ч. Ч. 1 [Электронный ресурс]. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2020. С. 916-919. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

## ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВАЦИИ МАГНЕТИТА ПОЛУЧЕННОГО ИЗ ОТХОДА ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ

**А.М. Геннадьева, М.М. Бобров, К.В. Кузема, С.З. Калаева**

Научный руководитель – **С.З. Калаева**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Исследована возможность получения магнетита из отхода обезжелезивания воды методом химической конденсации с высокими магнитными показателями, путем изменения параметров получения магнитных наночастиц и способа их активации.*

**Ключевые слова:** магнетит, намагниченность насыщения, активация, наночастицы, обезжелезивание воды, химическая конденсация.

## RESEARCH OF MAGNETITE ACTIVATION OBTAINED FROM WASTE WATER DEFERRIZATION

**A.M. Gennadieva, M.M. Bobrov, K.V. Kuzema, S.Z. Kalaeva**

Scientific Supervisor – **S.Z. Kalaeva**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The possibility of obtaining magnetite from the waste of deironing water by the method of chemical condensation with high magnetic indices, by changing the parameters of obtaining magnetic nanoparticles and the method of their activation has been investigated.*

**Keywords:** magnetite, saturation magnetization, activation, nanoparticles, water deferrization, chemical condensation.

Ухудшение экологической ситуации и обеднение минеральных ресурсов планеты делает все более актуальным разработки технологий утилизации опасных производственных отходов, позволяющих перевести последние в категорию «вторичное сырье», а в дальнейшем, в востребованные продукты.

Отходы и их утилизация справедливо считаются одной из важнейших проблем стоящих перед человечеством. Многие отходы содержат в своем составе вещества, которые можно использовать в качестве сырья для получения продуктов [1, 2]. Весьма перспективной представляется работа по совмещению методов получения магнетита и процессов утилизации железосодержащих отходов, в частности отхода обезжелезивания воды.

Магнитные материалы находят применения во многих областях промышленности и техники, в медицине, дефектоскопии.

Использование магнетита (магнитных наночастиц) может быть эффективно для выполнения различных задач, например в магнитной дефектоскопии - применяется для обнаружения нарушений сплошности (трещин, немагнитных включений и др. дефектов) в поверхностных слоях деталей из ферромагнитных материалов и выявления ферромагнитных включений в деталях из неферромагнитных материалов; для контроля толщины немагнитных покрытий на деталях из ферромагнитных материалов и толщины стенок тонкостенных деталей, а также для контроля качества термической или химико-термической обработки металлических деталей. Еще одно применение – очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов.

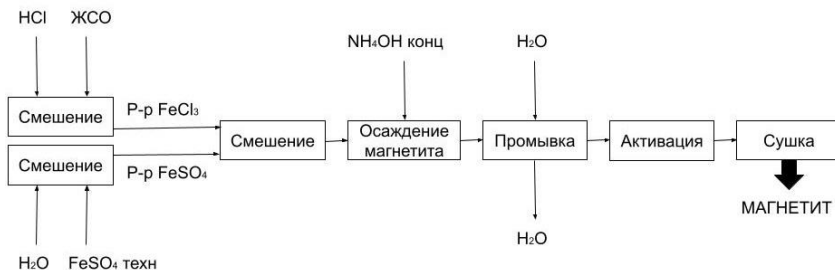
Одним из перспективных способов получения магнетита является метод химической конденсации, который отличается простотой, дешевизной аппаратного оформления и возможностью утилизации железосодержащих отходов, в частности отхода обезжелезивания воды.

Получение магнетита состоит из двух основных операций:

1. Получение высокодисперсных частиц магнетита.
2. «Сушка» магнетита и его измельчение.

В нашей работе наночастицы магнетита получали методом химической конденсации.

Блок-схема получения магнетита представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Блок-схема получения магнетита**

Известно, что при взаимодействии водных растворов солей двух- и трехвалентного железа и их совместном осаждении происходит образование магнетита в виде высокодисперсных частиц

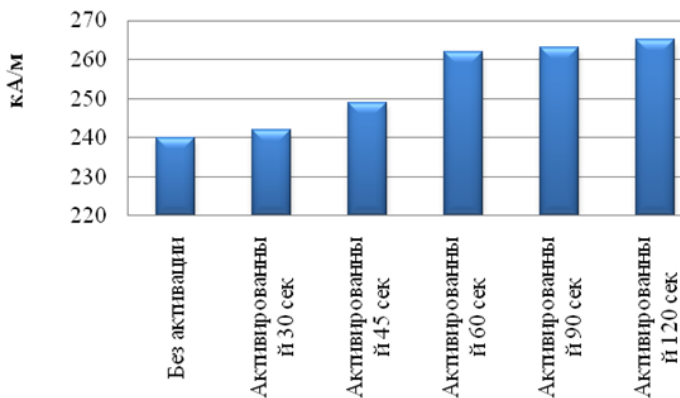


Оно может быть реализовано в реакции хлорного и хлористого железа (или сульфата железа двухвалентного).

Соль железа (II)  $\text{FeSO}_4$  входит в состав широко распространенного отхода производства титановых белил и отработанных травильных растворов,

другим компонентом может явиться соль, полученная путем растворения отхода обезжелезивания воды.

Нами было исследовано влияние времени активации и способа активации на магнитные свойства (намагниченность насыщения) полученного магнетита. Активацию проводили в электромагнитном поле частотой 50 Гц, напряженностью 75 В, магнитной индукцией 0,11 Тл.



**Рис. 2. Зависимость времени активации магнетита на намагниченность насыщения**

Из рис. 2 видно, что намагниченность насыщения растет с увеличением времени активации. Наиболее приемлемое время активации 60 с.



**Рис. 3. Зависимость способа активации на намагниченность насыщения**

Показано, что активация магнетита с магнитными элементами из фенибора в течение 30 секунд увеличивает намагниченность насыщения более чем на 8 %.

Результаты работы показали, что активация магнетита с магнитными элементами из фенибора является более эффективной (намагниченность насыщения возрастает на 8-10% и составляет 285 кА/м).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология переработки отходов: Монография / Соколов Э.М., Москвичев Ю.А., Фролова Е.А., Яманина Н.С., Филиппова О.П., Володин Н.И., Макаров В.М.. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2006. 387 с.
2. *Рубищева Е.В.* Утилизация отхода Оленегорского горно-обогатительного комбината / Е.В. Рубищева, А.Н. Ершова, С.З. Калаева // 5-я Междунар. конф. по проблемам горной промышленности, строительства и энергетики, г. Тула, 2009 г. Тула, 2009. С. 364-369.

## ОЦЕНКА РИСКА ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ КОРОНАВИРУСОМ ЛИЦ РАЗЛИЧНОЙ МАГНИТНОЙ ГРУППЫ

**В.Д. Генрихсон, В.В. Макарьин**

Научный руководитель – **В.В. Макарьин**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Определялись магнитные группы людей, переболевшие COVID-19. Показано, что вероятность заболевания у магнитно-положительных людей выше, чем у представителей других магнитных групп.*

***Ключевые слова:** COVID-19, магнитное поле, кардиоинтервал, ритм сердца, регуляторные системы, группы.*

## ESTIMATION OF RISK OF DISEASE OF CORONAVIRUS OF VARIOUS MAGNETIC GROUP PERSONS

**V.D. Genrihson, V.V. Makaryin**

Scientific Supervisor - **V.V. Makaryin**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The magnetic groups of people which have had been ill COVID-19 were determined. It is shown, that the probability of disease at magnetic-positive people is higher, than at representatives of other magnetic groups.*

***Keywords:** COVID-19, a magnetic field, cardiointerval, a rhythm of heart, regulation systems, groups.*

30 января 2020 года была объявлена чрезвычайная ситуация в области общественного здравоохранения в связи с распространением инфекции COVID-19, вызванная коронавирусом SARS-CoV-2. Вспышка инфекции впервые была зафиксирована в Ухане (Китай) в декабре 2019 года, но уже 11 марта 2020 года была объявлена пандемия. По состоянию на 20 декабря 2020 года, в ходе пандемии было зарегистрировано свыше 120 млн случаев заболевания по всему миру, более 2,6 млн человек скончалось [1].

В Ярославской области на 16 марта 2021 г. подтвердилось 34 675 диагнозов. (Данные по всем странам, собраны Университетом Джонса Хопкинса [2]).

Немного информации о коронавирусе. COVID-19 – это острая респираторная инфекция, вызываемая коронавирусом. Представляет собой опасное заболевание, которое может протекать как в форме острой респираторной вирусной инфекции лёгкого течения, так и в тяжёлой форме.

COVID-19 и SARS-CoV-2 – не одно и то же. COVID-19 – CoV - это сокращение от Coronavirius - коронавирус, D – от ‘disease’ заболевание, вызванное новым коронавирусом, а «SARS-CoV-2» – название самого вируса. Так называется семейство вирусов (всего их около 40), которые внешне напоминают солнечную корону из-за шиповидных отростков

Новый термин «коронавирус» означает, что раньше он не встречался не только ученым, но и нашим клеткам. Наконечник каждого шипа имитирует молекулу полезного вещества, так что клеточные рецепторы с радостью сами затягивают ее в себя, а за шипом в клетку продавливается весь вирус. Так происходит заражение. Попав в клетку, вирус «захватывает» над ней контроль и заставляет бесконечно производить собственные копии вместо привычных ей белков. Начинается цепная реакция. В итоге клетка погибает, но носитель инфекции становится заразным.

На начальном этапе заражения новый коронавирус активно размножается в горле и верхних дыхательных путях. Потом инфекция опускается ниже и может добраться до легких, вызывая воспаление. Именно поэтому первый симптом заражения – кашель. Уже потом начинает повышаться температура. У многих заразившихся (18% или почти каждого пятого) нет даже кашля. Болезнь протекает вообще без симптомов – человек может даже не подозревать, что болен. При этом такой бессимптомный больной всё равно является активным носителем инфекции и может заражать других носитель нового коронавируса становится опасен для окружающих сразу после заражения – задолго до того, как у него появятся или не появятся первые симптомы. Один из самых необычных симптомов коронавируса – потеря чувства вкуса и/или обоняния.

В среднем каждый носитель нового коронавируса успевает заразить от 2 до 4 здоровых людей, так в Южной Корее вирус удавалось сдерживать, пока число заболевших не достигло 30. Но женщина, получившая кодовое название «Пациент 31», заразила сразу около 1200 человек.

Пандемия развивается с ускорением: от постановки первого диагноза до 100 тысяч заболевших прошло 67 дней, вторые 100 тысяч заболели за 11 дней, третьи уже – за четыре дня. Уровень смертности от COVID-19 пока сложно подсчитать с точностью, но большинство исследований оценивают его на уровне 1-3%. В возрастной группе старше 70 лет смертность превышает 5%, после 80 от вируса умирает каждый десятый.

Откуда появился SARS-CoV-2, точно неизвестно, но похожие на него вирусы переносят летучие мыши и панголины. Скорее всего, вирус мутировал и передался какому-то другому животному, а уже от него – человеку.

Целью данной работы явилось определение магнитной группы у людей, переболевших COVID-19, а также выявление наиболее уязвимой группы по магнитной чувствительности.

Сотрудниками ЯГТУ (авторами этой статьи) был разработан способ определения влияния МП на человека и определения магнитных групп риска по углу наклона прямой, аппроксимирующую автокорреляционную функцию, на который был выдан патент РФ [3]. С помощью этой методики было определено, что по характеру ответной реакции на МП все люди могут быть разделены на 3 большие группы:

Магнитноустойчивые – (МУ), у которых после действия МП показатели, характеризующие адаптационные возможности организма, не выходят за пределы нормы. Магнитноотрицательные – (М-), у которых после воздействия МП происходит ухудшение показателей, характеризующих состояние адаптационных способностей организма. Магнитноположительные – (М+), у которых после действия МП происходит уменьшение напряжения регуляторных механизмов и некоторая активация защитных функций организма.

В работе проводились исследования с привлечением современных компьютерных диагностических средств, в частности, аппаратуры на основе метода Баевского, путем замеров кардиоинтервалов до и после воздействия магнитного поля и обработки их с помощью программы «Барс». В исследования приняли участие студенты и преподаватели ЯГТУ, переболевшие COVID-19, всего 10 человек. Из них оказалось 3 чел. (30%) – магнитноотрицательные (М-), 6 чел. (60%) магнитноположительные (М+) и 1 чел. (10%) магнитноустойчивый (МУ).

Из представленных данных следует, что вероятность заболевания у магнитноположительных людей выше, чем у представителей других магнитных групп. Это можно объяснить низким функциональным уровнем регуляторных систем по сравнению с другими группами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: <https://meduza.io/feature/2020/03/05/poslednie-dannye-po-koronavirusu-vo-vsem-mire-tablitsa>
2. URL: <https://mixnews.lv/v-mire/2020/04/03/nauchnyj-podhod-80-faktov-o-koronaviruse-covid-19>
3. Патент № 2303392 Российская Федерация, МПК А61В 5/05. Способ оценки воздействия электромагнитных полей на человека: опубл. 27.07.2007 / Макарьин В.В., Гушин А.Г., Любичев В.А.



## ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ НИКЕЛЯ ИЗ СТОЧНЫХ ВОД В ЭЛЕКТРОМЕМБРАННОМ АППАРАТЕ

**В.А. Гонова, А.Г. Липин**

Научный руководитель – **А.Г. Липин**, д-р техн. наук, профессор

Ивановский государственный химико-технологический университет

*Приведены результаты экспериментального исследования процесса извлечения ионов никеля из раствора в лабораторном трехкамерном электромембранном аппарате. Установлен характер влияния режимных параметров на эффективность процесса.*

**Ключевые слова:** *электродиализ, вода, ионы никеля, извлечение, электромембранный аппарат.*

## REMOVAL OF NICKEL IONS FROM A WASTEWATER IN AN ELECTROMEMBRANE APPARATUS

**V.A. Gonova, A. G. Lipin**

Scientific Supervisor – **A.G. Lipin**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Ivanovo State University of Chemical Technology

*The results of experimental investigation removal of nickel ions from solutions by electro dialysis technique are presented. Laws of influence of the basic technological parameters on process efficiency are established.*

**Keywords:** *electrodialysis, nickel ions, water, removal, electromembrane apparatus.*

Развитие промышленности создает серьезную экологическую проблему, связанную с утилизацией промышленных сточных вод. Их очистка – важная задача. Одним из источников вредных примесей является гальваническое производство, основным видом отходов которого являются промывные воды, содержащие катионы металлов. С промывными водами гальванопроизводств безвозвратно уносятся две трети содержащихся в них металлов, среди которых медь, никель, серебро, хром. Эффективное выделение неорганических солей из водных растворов этих веществ может быть осуществлено посредством электродиализа. Электродиализ исторически развился как метод опреснения воды и позже стал применяться для очистки сточных вод, регенерации технологических растворов, очистки гальваностокков [1]. Еще одним важным применением

электродиализа является выделение электролитов из смешанных органоминеральных растворов [2].

На участке никелирования деталей образуются промывные воды, содержащие в качестве наиболее опасной примеси ионы никеля. Использование электродиализа для обработки промывных вод позволяет получить более концентрированный солевой раствор, а также обессоленный раствор, который можно вновь использовать в качестве технической воды. Для внедрения данного метода требуются данные о влиянии режимных параметров на процесс электродиализа раствора электролита никелирования.

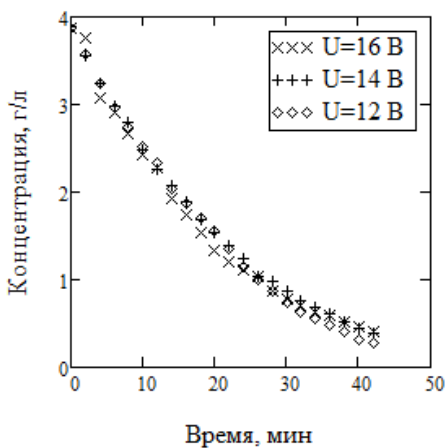
Исследования проводили на лабораторной установке, состоящей из трехкамерного электродиализатора с анионообменной мембраной МА-40 и катионообменной мембраной МК-40, регулируемого источника постоянного тока, перистальтического насоса и контрольных приборов для измерения силы тока и напряжения.

В качестве электродов использованы пластины из титана с оксид-рутениевым покрытием (анод) и нержавеющей сталь (катод). Рабочая поверхность каждой мембраны составляла  $112 \text{ см}^2$ . Расстояние между электродами и мембранами и расстояние между мембранами составляло 2 мм. Объем каждой камеры равен  $22,5 \text{ см}^3$ . Процесс организован по циркуляционной схеме.

Были выполнены эксперименты по исследованию влияния режимных параметров на процесс электродиализа раствора электролита никелирования. Перерабатываемый раствор подавался в среднюю камеру на обессоливание. Через анодную и катодную камеры так же циркулировал раствор электролита. В средней камере аппарата происходит снижение концентрации соли. Растворы из катодной и анодной камер направляются в одну емкость концентрата. Процесс многократно повторяется. Таким образом, в данной емкости концентрация сульфата никеля увеличивается, а в емкости исходного раствора уменьшается (рис. 1).

Эксперименты проводились с одинаковыми концентрациями и объемами  $V = 200$  мл исходного раствора никелирования в потенциостатическом режиме. Разность потенциалов на электродах в разных опытах была разная: 10, 12, 14 и 16 В.

В таблице 1 приведены основные параметры процесса электродиализа:  $U$  – напряжение на электродах,  $\tau$  – продолжительность процесса,  $i_{\text{ср}}$  – средняя за время опыта плотность тока,  $j_{\text{ср}}$  – среднее значение потока ионов через мембрану,  $B$  – степень извлечения соли,  $P_{\text{уд}}$  – удельный расход энергии на разделение раствора.



**Рис. 1. Графики зависимости концентрации раствора никелирования от времени процесса**

**Таблица 1. Результаты экспериментов**

№	$U$ , В	$\tau$ , мин	$i_{\text{ср}}$ , А/м <sup>2</sup>	$j_{\text{ср}} \cdot 10^4$ , г/с	$B$ , доли	$P_{\text{уд}}$ , кВт·ч/м <sup>3</sup>
1	16	42	24,29	3,023	0,895	13,295
2	14	42	23,92	3,045	0,899	7,371
3	12	42	17,135	3,125	0,927	5,788
4	10	42	13,51	3,057	0,905	4,711

Анализ данных таблицы 1 показывает, что с уменьшением напряжения удельные затраты энергии снижаются. Средние значения плотности тока уменьшается с уменьшением напряжения на электродах.

Максимальная степень извлечения наблюдалась при напряжении 12 В. Таким образом, показана возможность очистки промывных вод участка никелирования с помощью ионообменных мембран отечественного производства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Пилат Б.В.* Основы электродиализа. М.: Авваллон, 2004. 456 с.
2. *Липин А.Г.* Кинетика массопереноса при электродиализе растворов органических веществ и электролитов / А.Г. Липин, М.П. Бурчу, А.А. Липин // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2014. Т. 57. Вып. 1. С.112-115.

## ОЦЕНКА НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРОДУКТА НЕЙТРАЛИЗАЦИИ КИСЛОГО ГУДРОНА

**А.С. Зайцева, С.Д. Тимрот**

Научный руководитель – **С.Д. Тимрот**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Объектом исследования является полигон захоронения продукта нейтрализации кислого гудрона*

**Ключевые слова:** *продукт нейтрализации кислого гудрона, рентгено-флуоресцентный анализ, расчёт класса опасности.*

## ASSESSMENT OF THE NEGATIVE EFFECTS OF THE ACID SLUDGE NEUTRALIZATION PRODUCT

**A.S. Zaitseva, S.D. Timrot**

Scientific Supervisor – **S.D. Timrot**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The object of research is the landfill for the disposal of the acid sludge neutralization product.*

**Keywords:** *acid sludge neutralization product, X-ray fluorescence analysis, hazard class calculation.*

С 30-х годов прошлого столетия ярославский нефтеперерабатывающий завод им. Менделеева столкнулся с проблемой накопления такого отхода как кислых гудрон. Начиная с 80-х годов стали проводиться планомерные работы по утилизации прудов-накопителей отхода методом нейтрализации негашёной известью. Способ переработки не дал ожидаемых результатов, так как продукт нейтрализации сохранил токсические свойства и не был достаточно инертным. На данный момент продукт нейтрализации кислого гудрона складывается на полигоне, который расположен на территории предприятия.

В 2010 году специалистами ФБУЗ «Центр гигиены и эпидемиологии в Ярославской области» было проведено исследование «Статистическая оценка первичной соматической заболеваемости детей и подростков поселка Константиновский». Оно наглядно показало негативное влияние деятельности нефтеперерабатывающего завода, его отходов в виде скоплений кислого гуд-

рона и продукта его утилизации на здоровье населения поселка Константиновский. Специалисты изучили первичную соматическую заболеваемость детей данного населенного пункта. В качестве объекта сравнения был взят поселок Ростовского района Петровское, который не имеет нефтеперерабатывающего производства, но при этом имеет сходный демографический показатель. Результаты сравнения населенных пунктов представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Сравнение заболеваемости детей от 0 до 14 лет в п. Константиновский и п. Петровское**

Показатель	п. Константиновский	п. Петровское
Интенсивный показатель заболеваемости, %	356,1	299,9
Болезни органов дыхания, %	220,8	117,8
Болезни органов пищеварения, %	17,8	3,7
Группы некоторых инфекций, %	21,7	11,4
Заболевания уха и сосцевидного отростка, %	13,7	5,1

Из данных таблицы 1 можно заметить, что исследуемые показатели в п. Константиновский оказались выше. Следовательно, кислый гудрон и продукт его нейтрализации оказывают значительное влияние на здоровье людей близлежащих населенных пунктов [1].

Для оценки негативного воздействия отходов ЯНПЗ им. Д.И. Менделеева необходимо произвести расчёт класса опасности. Для этого необходимо определить состав продукта нейтрализации. Элементный состав минеральной части продукта нейтрализации кислого гудрона определялся рентгенофлуоресцентным анализом. В ходе данного анализа было получено процентное содержание некоторых элементов в минеральной части исследуемого продукта (табл. 2).

**Таблица 2. Содержание элементов в минеральной части продукта нейтрализации кислого гудрона**

Элемент	Fe	Mo	Mg	Al	Si	P	S	Ca	V	Nb	O
Содержание, %	0,085	0,259	0,278	0,336	1,800	0,139	3,631	32,634	0,005	0,007	Остальное

В соответствии с результатами таблицы 2 был совершен расчет состава исследуемого продукта с более подробными данными (табл. 3).

**Таблица 3. Состав продукта нейтрализации кислого гудрона**

Показатель	Массовая доля, %
Вода	22,94
Нефтепродукты	11,01
Минеральные вещества:	66,05
- CaSO <sub>4</sub>	20,96
- Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	2,33
- CaO	36,68
- Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,13
- SiO <sub>2</sub>	4,31
- Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,73
- MgO	0,52
- MoO <sub>2</sub>	0,39
- V <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,005
- Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,008
Итого:	100

Один из важных показателей для оценки негативного влияния отхода является его класс опасности, который позволяет примерно определить условия хранения отхода, степень нарушения экологической системы и ее примерное время восстановления.

Для определения класса опасности отхода, необходимо определить первичные показатели опасности всех компонентов отхода, включая информационное обеспечение, и сопоставить для каждого соответствующий балл. Согласно приказу министерства природных ресурсов и экологии РФ № 536, для расчета класса опасности отхода необходимо рассчитать степень опасности отхода для окружающей среды. Для этого рассчитываются степени опасности каждого компонента отхода [2]. Суммарная степень опасности компонентов составила 205,4.

В результате всех расчетов было получено, что продукт нейтрализации кислого гудрона относится к умерено-опасным отходам (3-й класс). Данный результат позволяет оценить степень воздействия отхода на окружающую среду, а также показать актуальность задачи переработки отхода в безопасные продукты, имеющие потребительский спрос.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федотова Г.П. Статистическая оценка первичной соматической заболеваемости детей и подростков поселка Константиновский / Г.П. Федотова, М.С. Зуйкова // Материалы Второй науч.-практ. конф. «Влияние антропогенного загрязнения окружающей природной среды на здоровье населения». Ярославль: ВВО РЭА, 2010. 126 с.
2. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 04.12.2014 № 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I-V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду» (Зарегистрировано в Минюсте России 29 декабря 2015 г. N 40330).

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ПЫЛЕВОЗДУШНЫХ ПОТОКОВ ОТ СТРОИТЕЛЬНОЙ ПЫЛИ

Д.А. Никитина, Р.Э. Калаев, К.М. Муратова

Научный руководитель – К.М. Муратова, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Показана актуальность вопроса очистки воздушных потоков предприятий строительной области от пыли. Приведены результаты экспериментов по очистке запыленного воздуха в циклоне и рукавном фильтре на примере двух разных образцов пылевых материалов, отличающихся по плотности и дисперсному составу.*

**Ключевые слова:** строительная пыль, очистка, пылеуловитель.

## RESEARCH OF THE PROCESS OF PURIFICATION OF DUST AIR FLOWS FROM BUILDING DUST

D.A. Nikitina, R.E. Kalaev, K.M. Muratova

Scientific Supervisor - K.M. Muratova, Senior Lecturer

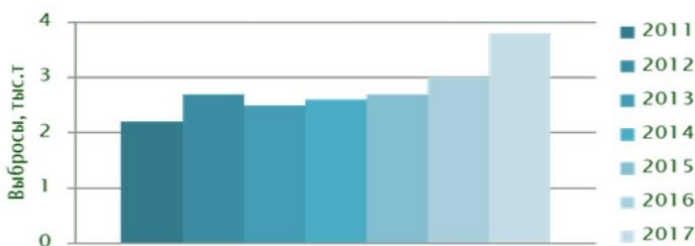
Yaroslavl State Technical University

*The urgency of the issue of cleaning the air flows of enterprises in the construction industry from dust is shown. The results of experiments on cleaning dusty air in a cyclone and a bag filter are presented on the example of two different samples of dust materials differing in density and dispersed composition.*

**Keywords:** construction dust, cleaning, dust collector.

Повышенное содержание пылевых частиц формирует существенные гигиенические и экологические проблемы населенных пунктов. По официальным источникам количество выбросов пыли в Ярославской области становится с каждым годом все больше. Динамику изменения объемов выбрасываемых пылевоздушных потоков за последнее десятилетие можно рассмотреть на рис. 1. Одним из самых распространенных источников, характеризующимся значительным уровнем загрязнения атмосферы твердыми взвешенными частицами, преимущественно мелкодисперсными, являются объекты строительной области, так как к основным технологическим процессам производства цемента и других стройматериалов относят измельчение и химическую обработку шихт, полуфабрикатов и получаемых продуктов в потоках горячих газов. Таким об-

разом, вопрос пылеулавливания выбросов предприятий строительной промышленности является весьма актуальным на сегодняшний день.



**Рис. 1. Динамика изменения объемов пылевых выбросов (тыс. т) в Ярославской области по годам**

Взвешенные вещества как загрязнитель природного и техногенного происхождения относится к третьему классу опасности. Особенно стоит отметить фракции пыли с небольшой дисперсностью частиц: менее 10 (PM10) и менее 2,5 (PM2,5) мкм, которые имеют среднесуточную предельно-допустимую концентрацию 0,06 и 0,035 мг/м<sup>3</sup> соответственно [1]. Влияние повышенного содержания пыли в воздухе на живые организмы весьма негативное: ухудшение самочувствия, появление дискомфорта, развитие и обострение респираторных заболеваний, истончение слизистых верхних дыхательных путей и многое другое.

Известно, что на очистных сооружениях в промышленности используют следующие виды сепараторов пыли: так называемые «сухие» (например, циклон) и «мокрые» (скруббер Вентури) пылеуловители и различного рода фильтры (рукавные фильтры; электрофильтры), каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки. Подбор того или иного оборудования зависит от целого ряда причин, в частности дисперсности, плотности и других физических свойств улавливаемого компонента, его химического состава, а также требуемой эффективности очистки.

В связи с тем, что строительная область хозяйственной деятельности человека является одним из постоянных источников повышенной запыленности атмосферного воздуха в городах, в качестве объектов данного исследования были выбраны два вида строительной пыли: цементно-песчаная смесь (ЦПС; образец 1) для стяжки пола и затирочная смесь (образец 2) двух разных марок.

Эксперимент начался с определения насыпной плотности и дисперсного состава выбранных пылевидных материалов по соответствующим методикам. Было установлено, что пыль № 1 с размером частиц преимущественно 1,25 мм имеет насыпную плотность 1680 кг/м<sup>3</sup>, а у образца № 2 дисперсностью до 0,3 мм насыпная плотность составляет 1920 кг/м<sup>3</sup>. То есть, сравнивая между собой



фракции выбранных объектов исследования, можно говорить о том, что пыль затирочной смеси является более мелкодисперсной.

Следующим этапом работы стало проведение экспериментов по очистке пылевоздушных потоков на циклоне типа СЦН-40 и на рукавном фильтре. В циклоне отделение пыли идет за счет изменения траектории движения газового потока. Запыленный воздух входит в циклон через патрубок и, приобретая вращательное движение, опускается вниз по внутренней поверхности стенок цилиндрической и конической частей циклона. Под действием центробежных сил твердые частицы, находящиеся в газовом потоке и обладающие намного большей плотностью, чем газ, отбрасываются к внутренним стенкам циклона. При этом твердые частицы под действием сил тяжести движутся в нижнюю коническую часть циклона и далее попадают в бункер. Очищенный от твердых частиц газ попадает в выхлопную трубу и затем удаляется из циклона.

Принцип действия очистки пылевого потока в рукавном фильтре заключается в следующем. Запыленный воздух входит снизу аппарата, проникает снизу рукавов и выходит сверху. Пыль при этом задерживается на наружной поверхности рукавов, повышая гидравлическое сопротивление, в связи с чем необходимо проводить регенерацию рукавов. Уловленная пыль опускается вниз в бункер фильтра, откуда потом удаляется на утилизацию или возвращается в производство (при необходимости).

Проведенные эксперименты по очистке загрязненного газа на данных аппаратах показали, что циклон улавливает пыль 1 с максимальной эффективностью 74,8% при запыленности 19,4 г/м<sup>3</sup>, а пыль 2 с эффективностью 96,1% с запыленностью 11,6 г/м<sup>3</sup>. Используя в качестве сепаратора рукавный фильтр, те же самые параметры составляют 98,9% с запыленностью 33,3 г/м<sup>3</sup> и 95,3% с концентрацией пыли в потоке 17,1 г/м<sup>3</sup> соответственно. Полученные данные подтверждают тот факт, что в качестве первой ступени очистки воздушного потока от полидисперсной пыли целесообразнее использовать сухие пылеуловители циклонного типа для разделения пылевоздушных потоков от крупных фракций пыли, а уже в качестве доочистки от более мелких фракций пыли можно использовать сепараторы тонкой очистки, например рукавный фильтр.

Существуют некоторые виды пылеулавливающего оборудования, способные сразу улавливать как крупные, так и мелкие фракции пыли. Одним из примеров подобной аппаратуры является так называемые центробежно-инерционный пылеуловитель (ЦИП), показавший высокую эффективность очистки и надежность в работе [2]. На сегодняшний день также запатентованы усовершенствованные конструкции ЦИП [3-4], позволяющие не только улавливать пыль, но и классифицировать ее при необходимости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания.

2. Анализ конструкций пылеуловителей циклонного типа для мелкодисперсной пыли / Д.Р. Каплунов, С.З. Калаева, К.М. Муратова, Я.В. Чистяков // Тульского гос. ун-та. Науки о Земле. 2018. Вып. 2. С. 49-71.
3. Патент № 195513 РФ, МПК В01D 45/12, В07В 7/08. Пылеуловитель-классификатор: № 2019118139: заявл. 11.06.2019: опубл. 30.01.2020. Бюл. № 4.
4. Патент № 199707 РФ, МПК В01D 45/12, В07В 7/08. Пылеуловитель-классификатор: № 2019144493: заявл. 27.12.2019: опубл. 15.09.2020. Бюл. № 26.

## **ВЛИЯНИЕ АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЕЙ НА КУЗОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АВТОМОБИЛЯ И ОБУВЬ**

**М.А. Никитинская, Р.Э. Калаев, Н.Л. Маркелова**

Научный руководитель – **Н.Л. Маркелова**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье представлена научная работа студентов, посвященная влиянию антигололедных реагентов, широко используемых в настоящее время, на металлические элементы кузова автомобиля и обувь. Доказано, что наиболее щадящим действием на металл и обувь отличается антиобледенитель на основе формиата натрия.*

***Ключевые слова:** антиобледенители, техническая соль, карбамид, формиат натрия, коррозия, набухание.*

## **THE EFFECT OF DE-ICING AGENTS ON CAR BODY PARTS AND SHOES**

**M.A. Nikitinskaya, R.E. Kalaev, N.L. Markelova**

Scientific Supervisor - **N.L. Markelova**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article presents the scientific work of students devoted to the influence of anti-ice reagents, which are widely used at present, on the metal elements of the car body and shoes. It is proved that the most sparing effect on metal and shoes is distinguished by an anti-icer based on sodium formate.*

***Keywords:** De-icing agents, industrial salt, urea, sodium formate, corrosion, swelling.*

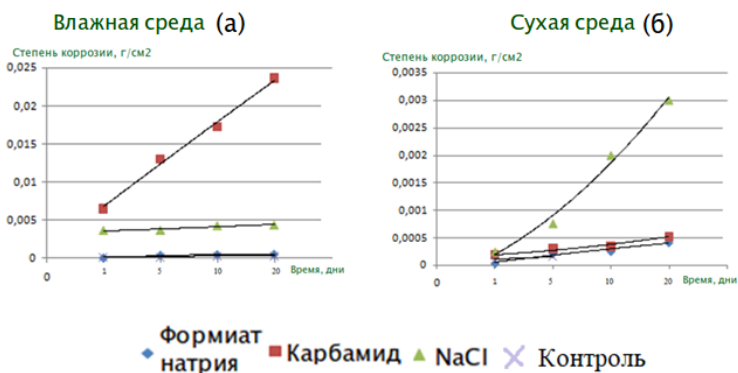
В зимнее время для предотвращения на дорогах гололедицы и исключения травмирующего фактора применяют различные антиобледенители. Наиболее распространенными на сегодняшний момент являются антиобледенители на основе технической соли, карбамида и формиата натрия. Они очень хорошо предотвращают гололедицу, но вместе с тем негативно влияют на окружающую природную среду. В работе, проведенной ранее [1], установлено, что наименьшее влияние на компоненты живой природы имеет формиат натрия. Кроме живой природы компонентами дорожной системы являются

автомобили, различные металлические ограждения, знаки и обувь, в которой ходит человек.

Целью научной работы стало определение влияния антиобледенителей на металлические элементы кузова автомобиля и обувь человека.

В качестве испытуемых образцов элементов кузова автомобиля были взяты два металла – сталь 3 (Ст 3) и оцинковка.

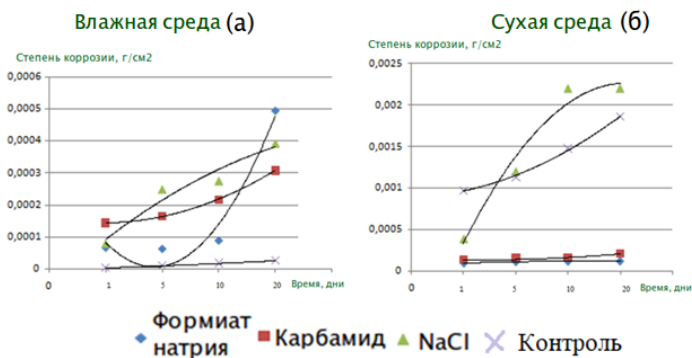
Определение степени коррозии проводили в двух средах – воздушной и влажной в течение длительного периода. Результаты эксперимента снимали и обрабатывали с шагом в 3 дня. Растворы антигололедных реагентов готовили так, чтобы концентрация основного вещества в растворе составляла 10 г/дм<sup>3</sup> [2]. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Зависимость степени коррозии цинка от времени представлена на рис. 1.



**Рис. 1. Зависимость степени коррозии цинка от времени во влажной среде (а) и сухой среде (б)**

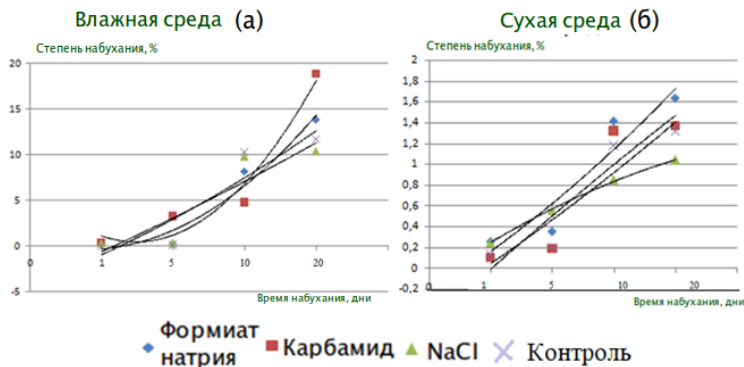
Установлено, что во влажной среде цинк резко корродирует в карбамиде, а в сухой среде наибольшая коррозия выявлена у образца, подвергнутого испарениям технической соли. Формиат натрия, в обоих случаях, показал результаты близкие к контролю.

Зависимость степени коррозии стали от времени представлена на рис. 2. Выявлено, что во влажной среде наибольшей коррозии подверглись образцы в технической соли и карбамиде, а в сухой среде - в технической соли. Установлено, что в сухой среде карбамид и формиат натрия практически не действуют на металл.



**Рис. 2. Зависимость степени коррозии стали 3 от времени во влажной среде (а) и сухой среде (б)**

В качестве испытуемых образцов элементов обуви были взяты подошва из полиуретана, натуральная кожа и кожзаменитель. Исследование проводили согласно методике, описанной выше. Зависимость степени набухания полиуретановой подошвы от времени представлена на рис. 3.



**Рис. 3. Зависимость степени набухания полиуретана от времени во влажной среде (а) и сухой среде (б)**

Полиуретан оказался достаточно стойким материалом, все кривые находятся очень близко друг к другу. Можно отметить, что во влажной среде за 20 дней образец увеличивается в размерах на 20% при том, что согласно ГОСТ 56965-2016 [3] набухание любой подошвы не должно увеличиваться больше, чем на 12%. Это говорит о том, что любые антигололедные реагенты ведут к преждевременному изнашиванию подошвы и как следствие, к дополнительным затратам на обувь.

Зависимость степени набухания кожзаменителя от времени представлена на рис. 4.

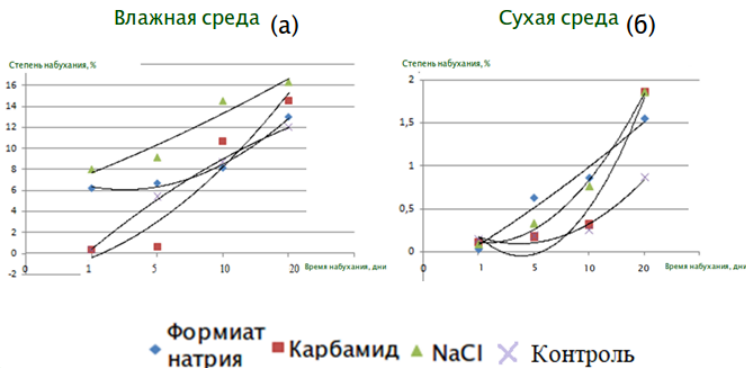


Рис. 4. Зависимость степени набухания кожзаменителя от времени во влажной среде (а) и сухой среде (б)

Кожзам – это искусственный материал, который сильно набухает уже в первый день испытания в растворе технической соли (на 8%) и в растворе формиата натрия (на 6%), а также достигает своего предела набухания на 7 день в карбамиде. В воздушной среде для кожзаменителя наиболее агрессивными оказались формиат натрия и раствор технической соли.

Зависимость степени набухания кожи от времени представлена на рис. 5.

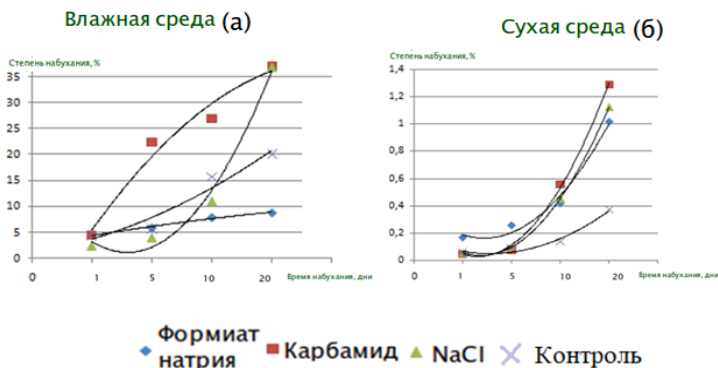


Рис. 5. Зависимость степени набухания кожи от времени во влажной среде (а) и сухой среде (б)

Кожа – это натуральный дорогостоящий материал, она резко набухает в карбамиде (больше 35%). Установлено, что формиат натрия и раствор технической соли действуют на образцы кожи даже меньше, чем обычная вода.

Исходя из вышеизложенного, с экологической и экономической точки зрения можно рекомендовать антиобледенители на основе формиата натрия, поскольку он наиболее щадяще действует на металлические элементы кузова автомобиля и элементы обуви.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Влияние антигололедных реагентов на окружающую среду / Р.Э. Калаев, М.А. Никитинская, С.З. Калаева, Н.Л. Маркелова // Инновационные пути решения актуальных проблем природопользования и защиты окружающей среды: сб. докл. Междунар. науч.-техн. конф., Алушта, 4–8 июня, 2018 г. / Белгор. гос. технол. ун-т.; отв. ред. И.В. Старостина. Белгород, 2018. Ч. III. С. 230-234.
2. Руководство по борьбе с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. Распоряжение Минтранса РФ от 16 июня 2003 г. № ОС-548-р.
3. ГОСТ Р 56965-2016 (ISO/TR 20880:2007) Обувь. Требования к характеристикам деталей обуви. Подошвы.

## **ОЦЕНКА ГЛИКЕМИЧЕСКОГО ИНДЕКСА СДОБНЫХ СУХАРЕЙ С НЕТРАДИЦИОННЫМИ ВИДАМИ СЫРЬЯ**

**С.М. Павловская, С.И. Лукина, Е.И. Пономарева**

Научные руководители - **С.И. Лукина**, канд. техн. наук, доцент, **Е.И. Пономарева**, д-р техн. наук, профессор

Воронежский государственный университет инженерных технологий

*Приведено исследование гликемического индекса, гликемической нагрузки и уровня глюкозы сдобных сухарей. В ходе анализа была доказана целесообразность применения нетрадиционных видов сырья с целью снижения гликемического индекса.*

**Ключевые слова:** гликемический индекс, сухари, маш, виноградный сахар, тыквенное пюре, изделия пониженной влажности

## **ESTIMATION OF THE GLYCEMIC INDEX OF ZWIEBACKS WITH UNCONVENTIONAL TYPES OF RAW MATERIALS**

**S.M. Pavlovskaya, S.I. Lukina, E.I. Ponomareva**

Scientific Supervisors – **S.I. Lukina**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, **E.I. Ponomareva**, Doctor of Technical Sciences, Professor

Voronezh State University of Engineering Technologies

*The study of the glycemic index, glycemic load and glucose level of zwiebacks is presented. The analysis proved the feasibility of using nontraditional raw materials in order to reduce the glycemic index.*

**Keywords:** glycemic index, crackers, mung bean, grape sugar, pumpkin puree, low moisture products

Анализ продовольственной корзины показал, что средний человек в России потребляет большое количество продуктов, имеющих повышенное содержание углеводов, в основном легкоусвояемых, что повышает риск развития различных видов заболеваний, в том числе сердечнососудистых и эндокринных.

Условным коэффициентом, имеющим важное значение для здоровья человека, отражающим скорость усвоения организмом углеводов, содержа-



щихся в продуктах питания, и указывающим на повышение уровня сахара в крови, является гликемический индекс (ГИ).

Как известно, при употреблении пищевых продуктов наблюдается увеличение содержания сахара в крови, причём это происходит медленно при низком значении ГИ и быстро – при высоком. Определяющими факторами, влияющими на ГИ продукта, являются содержание и вид основных пищевых веществ, входящих в его состав, вид и продолжительность термической обработки. Продукты с одинаковым количеством углеводов, но разным составом, имеют различную скорость всасывания в желудочно-кишечном тракте и поэтому, по-разному увеличивают содержание сахара в крови [1]. Повышенное содержание пищевых волокон замедляет усвоение питательных веществ, препятствует резкому скачку глюкозы в крови, что является важным для лечебно-профилактического питания [2].

Цель исследования – определение показателя гликемического индекса сдобных сухарей с применением нетрадиционных видов сырья.

Объектами исследования служили образцы хлебобулочных изделий пониженной влажности: 1 – сухари детские по ГОСТ 8494-96 (контроль); 2 – сухари сдобные «Янтарные» по ТУ 9118-532-02068108-2020 (опыт). В опытном образце произведена замена соли пищевой на соль «Валетек» с пониженным содержанием натрия, масла подсолнечного - на масло зародышей пшеницы, сахара белого - на жидкий виноградный сахар, муку из семян маша вносили в дозировке 10%, тыквенное пюре – в дозировке 25% к массе муки пшеничной [3]. Брожение теста, разделку, расстойку тестовых заготовок и выпечку образцов осуществляли в лабораторных условиях согласно технологическим инструкциям.

Исследования по определению гликемического индекса сухарей проводили по методологии, приведенной в источнике [4]. Исследуемый показатель определяли при помощи системы контроля уровня глюкозы в крови марки «Diasont». После приема стандартной дозы глюкозы или порции продукта, содержащей 50 г углеводов, измеряли количество сахара в крови испытуемых каждые 30 мин в течение 2 ч. Результаты измерений представлены на рис. 1.

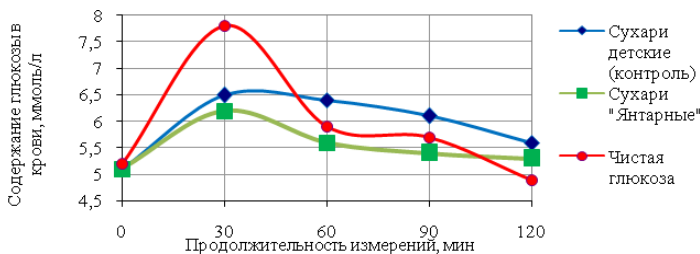
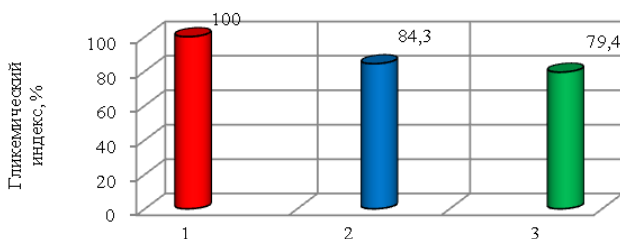


Рис. 1. Уровень глюкозы в крови по образцам

Значения ГИ тестируемых продуктов рассчитывали на основе площади под каждой кривой, приведенной на рис. 1, в сравнении с чистой глюкозой, гликемический индекс которой принят за 100% (рис. 2).



**Рис. 2. Гликемические индексы исследуемых продуктов:**  
1 – глюкоза, 2 – сухари детские (контроль), 3 – сухари «Янтарные»

По результатам исследований выявили, что исследуемые образцы сухарей характеризуются средними значениями гликемического индекса. Отмечено снижение определяемого показателя у опытного образца (сухари «Янтарные») по сравнению с контрольным (сухари детские) на 5%.

Разработанное изделие пониженной влажности характеризуется сниженным содержанием усвояемых углеводов, в том числе сахара, повышенным содержанием пищевых волокон [5], что способствует уменьшению значений ГИ. Сухари «Янтарные» имеют сниженную гликемическую нагрузку по сравнению с традиционными видами сдобных сухарей и могут быть рекомендованы в рационе питания всех групп населения для его обогащения макро- и микронутриентами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Забалуева Т.В.* Гликемический индекс повышения уровня сахара в крови при смешивании разных жиров // *Современные инновации.* 2018. №1 (23). С. 79-83.
2. *Современные направления использования пищевых волокон в качестве функциональных ингредиентов / М.П. Могильный, Т.В. Шленская, М.К. Галокова, Т.Ш. Шалтумаев, А.Ю. Баласаян // Новые технологии.* 2013. № 1. С. 27-31.
3. *Обоснование рациональной дозировки тыквенного поро в производстве сдобных сухарей / С.И. Лукина, Е.И. Пономарева, Х.Ю. Боташева, Е.А. Жиркова, А.Е. Алексеев // Хлебопродукты.* 2019. № 2. С. 52-54.
4. *Asp N. Carbohydrates in human nutrition / N. Asp, J. Cummings, E.O. Diaz Bustos // FAO Food and Nutrition Paper.* 1998. № 66. 456 p.
5. *Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: Справочник / под ред. И.М. Скурихина, В.А. Тутельяна. М.: ДеЛи принт, 2007. 276 с.*

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИМЕСЕЙ ТЯЖЕЛЫХ  
МЕТАЛЛОВ НА АНТИКОРРОЗИОННУЮ АКТИВНОСТЬ  
ПИГМЕНТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОТХОДОВ  
ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ**

**Е.С. Сергеев, О.П. Филиппова**

Научный руководитель – **О.П. Филиппова**, д-р техн. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*Представлены результаты исследования влияния примесей различных тяжелых металлов на антикоррозионные свойства пигментов на основе окиси железа и оксида кальция, содержащие примеси оксида хрома (III) и оксида цинка.*

***Ключевые слова:** антикоррозионный пигмент, токи коррозии, ингибирование коррозии, поляризационные кривые, ферриты, хроматы.*

**STUDY OF THE INFLUENCE OF IMPURITIES  
OF HEAVY METALS ON THE ANTI-CORROSION  
ACTIVITY OF PIGMENTS OBTAINED FROM WASTE  
OF GALVANIC PRODUCTIONS**

**E.S. Sergeev, O.P. Filippova**

Scientific Supervisor – **O.P. Filippova**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The results of a study of the effect of impurities of various heavy metals on the anti-corrosive properties of pigments based on iron oxide and calcium oxide containing impurities of chromium (III) oxide and zinc oxide are presented.*

***Key words:** anticorrosive pigment, currents corrosion, corrosion inhibition, polarization curves, ferrites, chromates.*

Отходы гальванических производств – гальваношламы (ГШ) занимают одно из первых мест по показателю токсичности и потенциальной опасности для окружающей природной среды и человека. Это один из основных источников поступления тяжелых металлов в окружающую среду, который, как правило, подвергается накоплению на полигонах. Однако захоронение ГШ не

является рациональным, поскольку они состоят из соединений, обладающих ценными свойствами. Вследствие этого, захоронение – это лишь временное решение и их необходимо рассматривать в качестве потенциального источника множества полезных сырьевых компонентов. К тому же, полигонов с надлежащими требованиями хранения практически не существует [1].

Отечественные и зарубежные исследователи-экологи осуществляют поиск конкретных путей повторного использования (утилизации) таких опасных отходов.

Одним из целесообразных способов утилизации ГШ является получение на их основе антикоррозионных пигментов и, в дальнейшем, покрытий. Связано это с текущим удорожанием антикоррозионных пигментов, производимых из чистых материалов и проблемой истощения природных ресурсов, а также с необходимостью эффективной защиты от агрессивных сред. Так, методом ферритизации, может быть получен высокодисперсный железосодержащий неорганический пигмент, представляющий собой порошок с определенным диапазоном фракционного состава (0,1-2,0 мкм), который соответствует предъявляемым к железоксидным антикоррозионным пигментам требованиям [2].

Объектом исследования являются ГШ предприятий ЦФО России. Из анализа их химического состава следует, что содержание соединений железа (III) колеблется от 1,60 до 47,95%; кальция – от 0,00 до 28,10%; цинка – от 0,00 до 31,5%; хрома – от 0 до 24,54 % [3]. Согласно требованиям ТУ 82.3.011-99 «Антикоррозионный пигмент» содержание Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в пигменте должно быть от 35 до 70 % (в пересчете на Fe<sup>3+</sup> – от 24,50 до 49%). Следовательно, не все ГШ можно использовать для получения антикоррозионного пигмента.

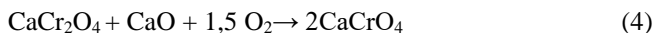
Для более полного исследования процессов, происходящих при приготовлении антикоррозионных пигментов из ГШ, были приготовлены модельные смеси пигментов на основе чистых компонентов (таблица 1).

**Таблица 1. Модельные смеси**

№	Компоненты	Состав
1	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : CaO	1:1
2	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : CaO:Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1:1:0,02
3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : CaO: ZnO	1:1:0,05
4	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : CaO:Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : ZnO	1:1:0,02:0,05

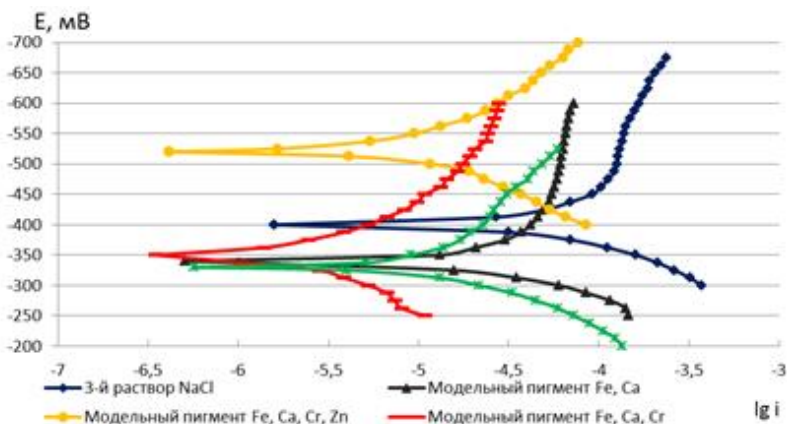
Каждая рецептура шихты прокаливалась в течение часа при температуре 900 °С. При данных условиях в образцах протекали реакции образования ферритов и хроматов:





Полученные пигменты были исследованы на антикоррозионную активность. Для этого были приготовлены водные вытяжки исходных модельных пигментов и были сняты поляризационные кривые водных вытяжек модельных пигментов в потенциодинамическом режиме на потенциостате марки П-5827М и определены плотности тока коррозии.

В водной вытяжке пигмента определяли значение стационарного потенциала и снимали анодную и катодную поляризационные кривые (рис. 1). Аналогичные кривые были построены и для фонового раствора – 3%-ного раствора NaCl. Разверстка потенциала составляет 2 мВ/с.



**Рис. 1. Поляризационные кривые водных вытяжек модельных антикоррозионных пигментов и фонового раствора 3%-ного NaCl**

На основании полученных данных, была рассчитана эффективность ингибирования коррозии для каждого модельного антикоррозионного пигмента (таблица 2).

**Таблица 2. Значения токов коррозии для растворов пигментов и эффективность ингибирования коррозии**

Раствор	Значения токов коррозии, мкА/см <sup>2</sup>	Эффективность ингибирования коррозии, %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : CaO	48,98;	55,33
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : CaO:Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,45	86,82
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : CaO: ZnO	16,98	84,51
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : CaO:Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : ZnO	12,59	88,52
3% NaCl (фон)	109,65	-

На основании полученных данных можно сделать вывод, что приготовленные модельные антикоррозионные пигменты обладают антикоррозионной активностью, наилучший показатель которой имеет пигмент, приготовленный по рецептуре № 4.

Исходя из проведенного исследования, установлено, что введение ионов тяжелых металлов, а именно хрома, в состав шихты для получения антикоррозионного пигмента усиливает его антикоррозионную активность. Таким образом, ГШ, имеющие в составе соединения различных тяжелых металлов, являются перспективным сырьем для получения антикоррозионных пигментов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология переработки отходов / Э.М. Соколов, Ю.А. Москвичев, Е.А. Фролова, О.П. Филиппова, Н.И. Володин, В.М. Макаров. Ярославль: ЯГТУ, 2006. 387 с.
2. *Сергеев Е.С.* Уменьшение антропогенной нагрузки на окружающую среду путем утилизации токсичных отходов машиностроительных производств, используя метод ферритизации / Е.С. Сергеев, О.П. Филиппова // Семьдесят третья всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с междунар. участием. 20 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 2 ч. Ч.1 [Электронный ресурс]. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2020. С. 289-292. 1 опт. диск.
3. *Сергеев Е. С.* Статистическая обработка химического состава гальваношламов предприятий ЦФО России / Е. С. Сергеев, О. П. Филиппова // Семьдесят третья всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с междунар. участием. 20 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 2 ч. Ч.1 [Электронный ресурс]. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2020. С. 285-288. 1 опт. диск.

**ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ  
КЛАССА ОПАСНОСТИ ГАЛЬВАНОШЛАМА В ПРОЦЕССЕ  
ФЕРРИТИЗАЦИИ**

**Е.С. Сергеев, О.П. Филиппова**

Научный руководитель – **О.П. Филиппова**, д-р техн. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*Представлено токсикологическое исследование изменения класса опасности вещества в процессе ферритизации с получением антикоррозионного пигмента на основе отходов гальванического производства.*

**Ключевые слова:** класс опасности, расчетный метод, экспериментальный метод, утилизация, процесс ферритизации, антикоррозионный пигмент, гальваношлам.

**TOXICOLOGICAL STUDY OF CHANGES IN THE HAZARD  
CLASS OF ELECTROPLATING SLUDGE IN THE PROCESS  
OF FERRITIZATION**

**E.S. Sergeev, O.P. Filippova**

Scientific Supervisor – **O.P. Filippova**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*A toxicological study of the change in the hazard class of a substances in the process of ferritization with the production of an anticorrosive pigment based on electroplating waste is presented.*

**Keywords:** hazard class, calculation method, experimental method, recycling, ferritization process, anticorrosive pigment, waste of electroplating production.

Загрязнение окружающей среды представляет собой глобальную проблему для всего человечества. Ассортимент загрязнителей весьма разнообразен – различные выбросы, сбросы, отходы производства и потребления и так далее – и их количество весьма велико. Поэтому приоритетными задачами современных исследователей-экологов являются разработка и внедрение малоотходных технологий, а также процессов утилизации промышленных отходов, снижающих антропогенную нагрузку на биосферу. Но помимо уменьшения

количества образующихся отходов и их рациональной переработки желатель-но снизить их токсикологическое воздействие.

Гальваношламы (гальванические шламы, ГШ) являются одними из самых токсичных промышленных отходов, так как состоят в основном из гидроксидов различных тяжелых металлов, имеющих способность к накоплению в пищевых цепях, вследствие чего вызывают раковые и сердечнососудистые заболевания. Их относят к отходам II-III класса опасности. С другой стороны, это крупнотоннажные отходы, представляющие собой ценнейшее сырье для вторичного использования. Поэтому в процессе переработки необходимо снижение токсичности и опасности ГШ.

Одним из способов утилизации этих токсичных отходов является получение на их основе антикоррозионных пигментов (АП) и покрытий. Пигмент получается методом ферритизации из ГШ ЯЗДА (рис. 1) [1].



**Рис. 1. Блок-схема приготовления антикоррозионного пигмента**

Основными компонентами ГШ являются гидроксиды железа и кальция, поэтому основной реакцией технологического процесса является образование феррита кальция. Но ГШ – смесь гидроксидов тяжелых металлов, – поэтому также протекают побочные реакции образования хроматов кальция и цинка, а также феррита цинка, которые в настоящее время используются в качестве АП и обеспечивают дополнительный антикоррозионный эффект. К тому же высокотемпературная обработка ГШ обеспечивает снижение подвижности ионов тяжелых металлов, что уменьшает возможность их нежелательной эмиссии в окружающую среду в процессе эксплуатации изделий [2].

У исходного ГШ и полученного АП был определен класс опасности расчетным методом и экспериментальным методом (биотестированием).

Определение класса опасности расчетным методом производится согласно методике, приведенной в Приказе Министерства природных ресурсов и



экологии РФ от 4 декабря 2014 г. № 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I-V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду». Суть расчетного метода состоит в вычислении показателя степени опасности отхода для окружающей среды – К (таблица 1), на основании которого определяется класс опасности [3].

**Таблица 1. Определение класса опасности расчетным методом**

Вещество	Компонент	$C_i \cdot 10^{-4}$ , мг/кг	$X_i$	$Z_i$	$\lg W_i$	$W_i$ , мг/кг	$K_i$	$K$
ГШ	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	68,67	2,33	2,78	2,78	602,56	1139,64	1514,48
	CaO	0,24	2,33	2,78	2,78	602,56	3,98	
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,51	2,00	2,33	2,33	213,80	117,40	
	ZnO	2,37	1,75	2,00	2,00	100,00	237,00	
	CuO	0,08	1,75	2,00	2,00	100,00	8,00	
	NiO	0,51	2,33	2,78	2,78	602,56	8,46	
АП	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	39,23	2,33	2,78	2,78	602,56	651,06	822,29
	CaO	1,32	2,33	2,78	2,78	602,56	21,91	
	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,38	2,00	2,33	2,33	213,80	17,77	
	ZnO	0,63	1,75	2,00	2,00	100,00	63,00	
	хроматы	3,80	2,33	2,78	2,78	602,56	63,06	
	NiO	0,19	2,33	2,78	2,78	602,56	3,15	
	ферриты	6,00	3,5	4,34	4,40	25682,6	2,34	

На основании расчетов ГШ имеет II класс опасности, а антикоррозионный пигмент из ГШ – III класс опасности.

В случае отнесения отходов расчетным методом к тому или иному классу опасности, необходимо экспериментальное подтверждение этого. Поэтому было проведено биотестирование ГШ и АП, изготовленного на его основе, с помощью цеериодафний. Суть метода состоит в определении смертности тест-объектов (цеериодафний) под воздействием токсичных веществ, по сравнению с контрольным объектом (без токсичных веществ).

Результаты биотестирования водных вытяжек и результаты определения летальной концентрации представлены в таблицах 2-3. Класс опасности определяется графическим методом с использованием пробит-анализа [4].

**Таблица 2. Результаты биотестирования водных вытяжек**

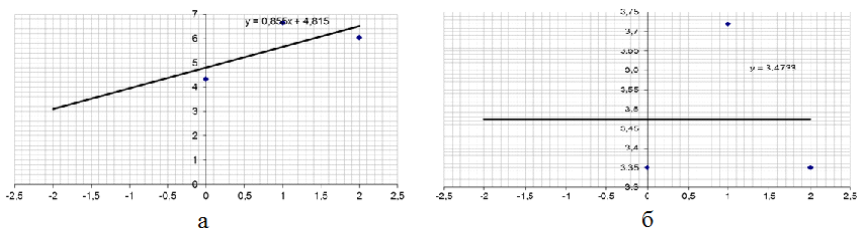
Вещество	Показатель	Концентрация, %				
		100	10	1	0,1	0,01
ГШ	Количество выживших из 10 особей периодафний	2	0	8	10	10
		1	1	7	10	10
	Среднее значение выживаемости	1,5	0,5	7,5	10	10
	Выживаемость в контроле	10	10	10	10	10
АП	Количество выживших из 10 особей периодафний	9	9	10	10	10
		10	9	9	10	10
	Среднее значение выживаемости	9,5	9	9,5	10	10
	Выживаемость в контроле	10	10	10	10	10

Для построения диаграммы и проведения расчетов степени токсичности необходимо вычислить средний процент смертности – А [5].

**Таблица 3. Результаты определения летальной концентрации**

Вещество	Показатель	Lg C				
		2	1	0	-1	-2
ГШ	А, %	85	95	25	0	0
	Значение пробита	6,04	6,64	4,33	-	-
АП	А, %	5	10	5	0	0
	Значение пробита	3,35	3,72	3,35	-	-

На основании полученных значений строится график зависимости пробитного значения от логарифма концентрации (рис. 2) и определяется концентрация (разведение исходного раствора), при которой наступает гибель 10% особей (при пробитном значении «3,72»). На основании полученного значения концентрации устанавливается класс опасности.



**Рис. 2. Зависимость пробитного значения от логарифма концентрации**  
 а – для ГШ; б – для АП

Для ГШ это значение  $C = 0,044\%$ , откуда кратность разбавления – 2273 (II класс опасности). Для полученного пигмента  $C = 1\%$ , кратность разбавления – 100 (IV класс опасности). Таким образом, экспериментальный метод определения класса опасности подтвердил расчетный в случае ГШ, а в случае АП – установил, что значение класса опасности оказалось ниже расчетного.

Исходя из полученных данных установлено, что класс опасности в случае реализации технологии ферритизации ГШ меняется со II для ГШ до IV для АП.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сергеев Е.С.* Уменьшение антропогенной нагрузки на окружающую среду путем утилизации токсичных отходов машиностроительных производств, используя метод ферритизации / Е. С. Сергеев, О. П. Филиппова // Семьдесят третья всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с междунар. участием. 20 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 2 ч. Ч.1. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2020. С. 289-292.
2. *Макаров В.М.* Комплексная утилизация осадков сточных вод гальванических производств (гальваношламов): автореф. ... дис. д-ра техн. наук. Иваново, 2001. 35 с.
3. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 4 декабря 2014 г. N 536 «Об утверждении Критериев отнесения отходов к I-V классам опасности по степени негативного воздействия на окружающую среду». URL: <http://docs.cntd.ru/document/420240163?marker=7DM0KB>.
4. ФР.1.39.2007.03221. Биологические методы контроля. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодovitости цериодафний. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293842/4293842244.htm>.
5. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data1/48/48872/index.htm>.

## РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННИКА СМЕШЕНИЯ

**Д.Ю. Смирнов, О.Н. Кorableва, Е.А. Гирба**

Научный руководитель – **Е.А. Гирба**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрены вопросы использования в промышленности жидкогазового инжекционного аппарата в качестве теплообменника смешения. Представлена методика расчета теплообменника - барометрического конденсатора, определены его основные конструкционные размеры.*

**Ключевые слова:** энергетические затраты, теплообменник смешения, инжекционный аппарат, барометрический конденсатор, коэффициент инжекции, расчет.

## CALCULATION OF THE MIXING HEAT EXCHANGER

**D.Y. Smirnov, O.N. Korableva, E.A. Girba**

Scientific Supervisor – **E.A. Girba**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The issues of energy saving due to the use of mixing heat exchangers in the industry are considered. The method of calculating the barometric capacitor is presented, its main structural dimensions are determined.*

**Keywords:** energy costs, injection machines, evaporation plant, injection coefficient.

Энергоресурсосбережение, улучшение экологической обстановки являются актуальными задачами нефтехимической, нефтеперерабатывающей, химической, пищевой, фармацевтической, микробиологической и металлургической промышленности. Одним из возможных способов повышение эффективности теплообмена является применение теплообменников смешения. Этот тип теплообменников используется в случаях, когда возможен непосредственный контакт теплоносителей, участвующих в процессе. В связи с непосредственным контактом теплоносителей отсутствуют потери энергии на термическое сопротивление разделительной стенки и теплообмен осуществляется с более высокой скоростью [1].

Для передачи теплоты в системах жидкость-газ, жидкость-пар целесообразно использовать инжекционные аппараты. При диспергировании жидко-

сти в таких аппаратах получают значительную поверхность контакта фаз с высокой скоростью ее обновления, интенсивное перемешивание фаз, отсутствие термического сопротивления на границе раздела. Все эти факторы способствуют увеличению коэффициента скорости процесса теплообмена, которая приводит к уменьшению требуемой поверхности теплообмена, снижению габаритных размеров аппарата, его металлоемкости и стоимости. За счет простоты конструкции и надежности в работе значительно уменьшаются эксплуатационные затраты.

Использование принципа инжекции позволяет создавать аппараты, не создающие гидравлического сопротивления потоку легкой фазы.

В работе приведен расчет параметров инжекционных теплообменников смешения для конденсации водяного пара. При расчете использованы ранее полученные зависимости [2].

Исходными в расчете служили данные, используемые при подборе барометрического конденсатора трехкорпусной выпарной установки [3]: расход пара  $G_{\text{п}} - 1,45$  кг/с; расход охлаждающей воды  $G_{\text{в}} - 22,4$  кг/с; вакуум в барометрическом конденсаторе  $p_{\text{в}} - 0,08$  МПа; Начальная температура воды  $t_{\text{вн}} - 20^{\circ}\text{C}$ ; конечная температура воды  $t_{\text{вк}} - 57,1^{\circ}\text{C}$ .

Значение максимального коэффициента инжекции при заданных расходах пара и охлаждающей воды определяют по формуле

$$U_{\text{Ом}} = \frac{G_{\text{п}}\rho_{\text{в}}}{G_{\text{в}}\rho_{\text{п}}} = \frac{1,475 \cdot 1000}{22,4 \cdot 0,1283} = 512, \quad (1)$$

где  $\rho_{\text{в}}$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{\text{п}}$  – плотность пара.

Эффективность процесса напрямую связана со степенью распыла жидкости механическими форсунками. Примем для подачи жидкости механическую цельнофакельную форсунку с диаметром сопла  $d_{\text{ф}} - 15,3$  мм и рабочее давление воды  $\Delta p - 0,3$  МПа.

Диаметр цилиндрического корпуса аппарата составит

$$D_{\text{АП}} = 0,5d_{\text{ф}}U_{\text{Ом}}^{0,77} = 0,5 \cdot 15,3 \cdot 512^{0,77} = 930 \text{ мм} = 0,93\text{м}. \quad (2)$$

Расход воды через форсунку:

$$G_{\text{в}\phi} = \mu \frac{\pi d_{\text{ф}}^2}{4} \sqrt{\frac{2(\Delta p_{\text{р}} + p_{\text{в}})}{\rho_{\text{в}}}} = 0,64 \frac{2 \cdot 0,0153^2}{4} \sqrt{\frac{2(0,3+0,08)10^5}{1000}} = 3,21 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \quad (3)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода.

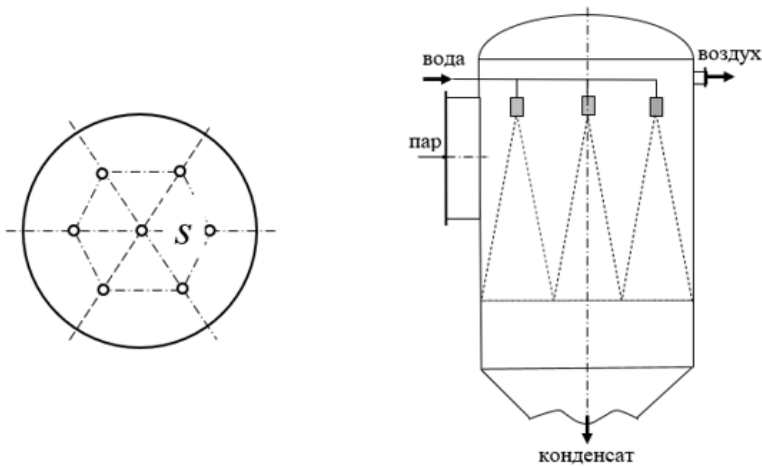
Требуемое число форсунок:

$$n = \frac{G_{\text{в}}}{G_{\text{в}\phi}} = \frac{22,4}{3,21} = 7. \quad (4)$$

Барометрический конденсатор (рис. 1) состоит из корпуса цилиндрической формы с эллиптической крышкой и коническим днищем. В верхней части

корпуса находится система подвода охлаждающей воды с помощью оросительных форсунок. Форсунки расположены в шахматном порядке.

Охлаждающая вода, подаваемая в конденсатор, с помощью форсунок дробится на капли, образует капельный конус, который называют факелом жидкости. При этом она обменивается энергией с паром, увлекая его (инжектируя) в конденсатор. При условии перекрытия факелом жидкости поперечного сечения корпуса конденсатора, отсутствует проскок пара и он полностью конденсируется за счет теплообмена с охлаждающей водой. Для увеличения производительности использован многофорсуночный конденсатор. Параметры многофорсуночного аппарата рассчитаны при сохранении необходимой плотности орошения. Десорбируемый в процессе конденсации воздух, отсасывается с помощью вакуум-насоса.



**Рис. 1. Конструкция барометрического конденсатора**

Диаметр аппарата составит

$$D = \sqrt{7 \frac{\pi D_{\text{ЛП}}^2}{4}} = \sqrt{7 \frac{3,14 \cdot 0,93^2}{4}} = 2,19. \quad (5)$$

Выбираем шаг  $s$  между форсунками:

$$s = \frac{D}{3,464} = 0,63\text{ м}. \quad (6)$$

Высота цилиндрической части аппарата равна 2 м.

В результате работы представлен расчет инжекционного конденсатора смешения, обладающего высокими энергетическими и эксплуатационными

характеристиками, способного с успехом заменять существующие конструкции аналогичных аппаратов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Павлов К.Ф.* Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: учеб. пособие для вузов / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков; под ред. П. Г. Романкова. 12-е изд., стер. М.: Альянс, 2005. 575 с.
2. . К расчету параметров жидкогазового инжекционного аппарата / *К.В. Ильин, Д.А. Червяков, Е.А. Гирба, О.Н. Кораблева* // Семьдесят вторая всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с междунар. участием Т.1. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2019. С. 510-513.
3. *Гирба Е.А.* Процессы и аппараты химической технологии. Выпаривание: учеб. пособие / Е.А. Гирба, В.К. Леонтьев. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2015. 115 с.

## РАСЧЕТ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ТАРАНОВ. КОНСТРУКЦИИ И ПРИМЕНЕНИЕ

**К.П. Яблонский, Т.А. Кузнецова, В.К. Леонтьев**

Научный руководитель – **О.Н. КорABLEVA**, канд. хим. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрены конструкции и принцип действия гидравлических таранов. Произведен расчет гидравлического тарана, определены его конструктивные размеры.*

**Ключевые слова:** энергосбережение, энергоемкость, гидравлический удар, сбросный клапан, напорный клапан, рабочая камера, гидравлические потери

## CALCULATION OF HYDRAULIC RAMS. DESIGNS AND APPLICATIONS

**K.P. Yablonsky, T.A. Kuznetsova, V.K. Leontiev**

Scientific Supervisor – **O.N. KorABLEVA**, Candidate of Chemical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The design and operating principle of hydraulic rams are considered. The hydraulic ram is calculated, its design dimensions are determined.*

**Keywords:** energy saving, energy consumption, hydraulic shock, discharge valve, pressure valve, working chamber, hydraulic losses.

Одним из основных факторов экономического развития страны является энергосбережение. Задачи, связанные с повышением энергоэффективности и снижением расхода энергии на производстве, являются приоритетными, поскольку технологические процессы и операции в нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической, пищевой, фармацевтической, микробиологической, металлургической промышленности имеют высокий уровень энергоемкости. Одним из способов снижения эксплуатационных затрат, является использование альтернативных и возобновляемых источников энергии, например аналоговой энергии воды, ветра или солнечной энергии. Кроме сни-



жения эксплуатационных затрат это способствует улучшению экологической обстановки за счет сохранения природных ресурсов, а именно нефти, угля, газа, а также повышению конкурентоспособности предприятий России [1, 2].

На практике находит широкое применение гидравлический таран, способный без использования какого-либо топлива или солнечной энергии поднимать воду на высоту нескольких десятков метров за счет кинетической энергии самой жидкости. Гидравлический таран применяется также для орошения, мелиорации, подвода воды, тушения пожаров и получения электроэнергии. Большим достоинством данного устройства является его надежность и долговечность работы.

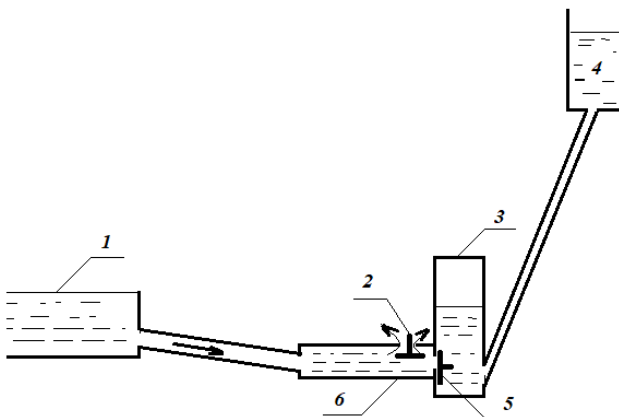
В основе работы гидротарана используется комплекс явлений, происходящих в капельной жидкости при положительном гидравлическом ударе, т.е. при резком увеличении давления в гидравлической системе (трубопроводе) при перекрытии живого сечения заслонкой. Рост давления обусловлен резким уменьшением скорости движения жидкости. Граница области повышенного давления (ударная волна) перемещается от заглушки к входу трубы, при достаточной жесткости трубы эта скорость практически равна скорости распространения упругих колебаний в среде, т.е. скорости звука в жидкости. При гидроударе в жидкости возникает колебательный затухающий процесс, сопровождающийся чередующимся резким повышением и понижением давления [3].

Гидравлический таран работает следующим образом (рис. 1). Из водоема 1 вода по трубопроводу поступает внутрь рабочей камеры 6 и большая ее часть вытекает через сбросной клапан 2, открывающийся под влиянием собственного веса. При увеличении скорости потока, его напор увеличивается и достигает величины, превышающей вес клапана. Сбросной клапан закрывается, при этом возникает гидравлический удар, возросшее давление приводит к открытию напорного клапана 5, в результате чего вода поступает сначала в воздушный колпак 3, а затем в напорный трубопровод и далее в напорный резервуар 4. Давление в трубопроводе падает, напорный клапан закрывается, а сливной - открывается, и цикл повторяется снова. Сжатый в колпаке воздух гонит воду по трубе в напорный резервуар на высоту до 15 метров [2].

Воздушный колпак служит для снижения потерь энергии на преодоление давления столба жидкости в напорном трубопроводе и снижения толщины стенки трубопровода за счет сглаживания скачков давления.

Повышение давления в трубопроводе определяется по формуле Жуковского, с учетом скорости распространения ударной волны.

В последнее время много внимания уделяется вопросам увеличения производительности гидравлических таранов путем преобразования энергии напорного потока в механическую энергию. Это достигается путем повышения точности регулирования и быстродействия в работе за счет устойчивого момента закрывания ударного клапана [2].



**Рис. 1. Гидравлический таран:**

- 1 – водоем, 2 – сбросной клапан, 3 – воздушный колпак,  
 4 – напорный резервуар, 5 – напорный клапан,  
 6 – рабочая камера гидротарана

В процессе работы был проведен расчет и определены следующие параметры: время разгона потока, время закрытия клапана, время нагнетания и время открытия клапана, гидравлические потери напора на трение по длине напорного трубопровода, мощность, затрачиваемая на приведение тарана в действие, полезная мощность тарана, КПД гидравлического тарана. В работе рассмотрены конструкции и принцип работы гидравлических таранов, применяемых как в промышленно-отопительных котельных, так и в тепловых сетях и системах водоснабжения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Овсеян, В.М.* Гидравлический таран и таранные установки. М.: Машиностроение, 1968. 124 с.
2. *Вильнер Я.М.* Справочное пособие по гидравлике, гидромашинам и гидроприводам / Я.М. Вильнер, Я.Т. Ковалев, Б.Б. Некрасов; под ред. Б.Б. Некрасова. Минск: Выш. шк., 1976. 416 с
3. Справочник по гидравлическим расчетам / под ред. П.Г. Киселева. М.: Энергия, 1974. 313 с.

# СЕКЦИЯ «ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ»

УДК 53.531.51

## ЗАДАЧА О ГРАВИТАЦИОННОМ КОЛЛАПСЕ

**М.А. Баринов, П.Н. Калашников, П.А. Иванов**

Научный руководитель – **П.А. Иванов**, канд. физ.-мат. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается классическая задача теории тяготения и ее частные решения в виде пространственных областей с высоким полем тяготения, определяемых как “черные дыры”. Исследуются их свойства и способы их образования.*

***Ключевые слова:** гравитационное поле, закон всемирного тяготения, уравнения Эйнштейна, черная дыра.*

## ON GRAVITY COLLAPSE PROBLEM

**M.A. Barinov, P.N. Kalashnikov, P.A. Ivanov**

Scientific Supervisor – **P.A. Ivanov**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The paper examines a classical problem of theory of gravity and its private solutions as spatial domains with high gravity field determined as “black holes”. Its properties and ways of creation are investigated.*

***Keywords:** gravity field, Law of Gravitation, Einstein equations, black hole.*

Уравнениями гравитационного поля – основными уравнениями общей теории относительности являются уравнения Эйнштейна:

$$R_{ik} = \frac{8\pi k}{c^4} \left( T_{ik} - \frac{1}{2} g_{ik} T \right). \quad (1)$$

Есть несколько точных путей решения этих уравнений, при которых образуются “черные дыры”, т.е. области в пространстве и времени, обладающие крайне высоким полем тяготения, приводящим к значению коэффициента поглощения материи равным 100%. Асимптотическое равновесное решение зависит только от трех параметров - массы, электрического заряда и углового момента. Трехпараметрическое семейство Керра-Ньюмена - наиболее общее

решение, соответствующее конечному состоянию равновесия черной дыры. В координатах Бойера-Линдквиста метрика Керра-Ньюмена дается выражением:

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2Mr}{\Sigma}\right) dt^2 - 4Mra \frac{\sin^2\theta}{\Sigma} dt d\phi + (r^2 + a^2 + \frac{2Mra^2 \sin^2\theta}{\Sigma}) \sin^2\theta d\phi^2 + \frac{\Sigma}{\Delta} dr^2 + \Sigma d\theta^2, \quad (2)$$

где  $\Delta \equiv r^2 - 2Mr + a^2 + Q^2$ ,  $\Sigma \equiv r^2 + a^2 \cos^2\theta$ ,  $a \equiv J/M$  - угловой момент на единицу массы.

Горизонт событий находится на радиусе  $r_+ = M + \sqrt{M^2 - Q^2 - a^2}$ .

В общей теории относительности, пространство-время в пустоте вокруг сферически-симметричного тела описывается метрикой Шварцшильда

$$ds^2 = -\left(1 - \frac{2M}{r}\right) dt^2 + \left(1 - \frac{2M}{r}\right)^{-1} dr^2 + r^2 d\Omega^2, \quad (3)$$

где  $d\Omega^2 = d\theta^2 + \sin^2\theta d\phi^2$  - метрика на единичной двумерной сфере, и мы положили постоянную тяготения  $G$  и скорость света  $C$  равными единице. Это решение описывает внешнее гравитационное поле вокруг произвольного сферически-симметричного не обязательно статического тела.

Частным решением являются объекты типа “черная дыра”. Возникают при сжатии материи внутрь сферы радиуса [1]:

$$r_g = GM/c^2. \quad (4)$$

Черные дыры подразделяются на несколько типов [2]:

1) Черная звезда звездной массы. Такие объекты, согласно общепринятым гипотезам, возникают в результате коллапса звезды. Минимальная масса тела, которая должна образовать такой объект, составляет около трех солнечных.

2) Черная звезда средней массы. Это этап развития черной дыры, на котором она поглощает газовые скопления либо соседнюю звезду в системах парных звёзд для своего роста.

3) Сверхмассивные черные дыры. Объекты с массой с 100–1000 масс Солнца с довольно невысокой плотностью и слабыми приливными силами.

4) Ультрамассивные черные дыры. Достаточно редкое явление во Вселенной. Объект с массой в 40 миллиардов масс Солнца.

Сейчас в астрофизике есть четыре основных сценария образования черных дыр [4]:

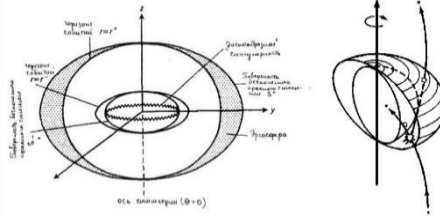
1) Гравитационный коллапс очень массивной звезды. Согласно этой гипотезе, в конце своей жизни практически любая звезда с массой более трех солнечных, которая израсходовала все термоядерные реакции, может превратиться в нейтронную звезду, которая необходима для возникновения подобного искривленного участка Вселенной.

2) Коллапс центральной части галактики или области протогалактического газа. Коллапсирует под собственным весом часть галактики. Эта гипо-

теза основана на изучении ученых, что практически в каждом центре галактики есть черная дыра.

3) Появление черных дыр в момент начального расширения Вселенной, так называемые первичные черные дыры. Согласно этой гипотезе, сразу же после Большого взрыва температура и давление в космосе были сверхвысокими. В таких условиях простые колебания плотности материи были настолько значительны, чтобы появились территории с такой же гравитацией.

4) Возникновение черных дыр в ядерных реакциях.



**Рис. 1. Вращение черных дыр**

Количество энергии, которую можно извлечь из черной дыры, было подсчитано Кристодулу и Руффини [3].

$$M^2 = \frac{J^2}{4M_{ir}^2} + \left( \frac{Q^2}{4M_{ir}^2} + M_{ir} \right)^2, \quad (5)$$

где  $M_{ir} \equiv \frac{1}{2} \sqrt{\left( M + \sqrt{M^2 - Q^2 - a^2} \right)^2 + a^2}$ . Первый член соответствует вращательной энергии, второй - кулоновской, а третий описывает "неприводимую" энергию черной дыры.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Матвеев А.Н.* Механика и теория относительности: Учеб. для студентов вузов. 3-е изд. М.: ООО "Издат. дом "ОНИКС 21 век": ООО "Издательство "Мир и Образование", 2003. 432 с.
2. *Иванов С.* Черные дыры: откуда они взялись и почему ученые так ими интересуются. URL: <https://yandex.ru/turbo/hightech.fm/s/2020/02/06/holes-are-black>
3. Черные дыры: физика и астрофизика. URL: <http://www.modcos.com/articles.php?id=130>
4. Физика черных дыр. URL: <http://www.astronet.ru/db/msg/1180462/node2.html>

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА В ЗАДАЧЕ О НАЗНАЧЕНИЯХ

**Е.А. Венедиктов, Ю.С. Половинкина**

Научный руководитель – **Ю.С. Половинкина**, канд. физ.-мат. наук,  
доцент

Северный (Арктический) федеральный университет  
им. М.В. Ломоносова

*Рассматривается применение алгоритмов локального поиска для оптимизации муравьиного алгоритма. Приводится модифицированная расчетная формула целевой функции для задачи о назначениях.*

**Ключевые слова:** муравьиный алгоритм, квадратичная задача о назначениях, алгоритм локальной оптимизации.

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF ANT COLONY SYSTEM AL- GORITHM FOR ASSIGNMENT PROBLEM

**E.A. Venediktov, Y.S. Polovinkina**

Scientific Supervisor – **Y.S. Polovinkina**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

M.V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University

*The paper examines application of local search algorithms to optimize the ant colony system algorithm. The optimized calculation formula of objective function for assignment problem is given.*

**Keywords:** ant colony system algorithm, quadratic assignment problem, local search algorithm.

Задачи о расположении связанных элементов на печатной плате, о расположении мощностей производственных корпораций и т.п. моделируются с помощью квадратичной задачи о назначениях, что говорит о ее практической значимости. Приведем математическую формулировку задачи о назначениях. Пусть заданы  $n$  точек и  $n$  компонентов, которые необходимо разместить в них, матрица расстояний  $A = (a_{i,j})$ ,  $a_{i,j}$  – расстояние между точками с индексами  $i, j$ , матрица потоков  $B = (b_{i,j})$ ,  $b_{i,j}$  – поток между соответствующими компо-

нентами. При заданных матрицах расстояний и потоков необходимо найти минимум целевой функции

$$Z(\varphi) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_{i,j} \cdot b_{\varphi(i),\varphi(j)} \rightarrow \min, \varphi \in S_n, \quad (1)$$

где  $S_n$  – множество подстановок порядка  $n$ ;  $\varphi$  – подстановка порядка  $n$ .

Задача (1) относится к классу NP-трудных, соответственно не существует алгоритма, который решает ее за полиномиальное время. На практике при решении таких задач используют эвристические алгоритмы, в частности муравьиный алгоритм и его модификации [1]. Муравьиный алгоритм моделирует поведение колонии муравьев в виде многоагентной системы с обратной связью. Положительная обратная связь реализована через возможность агентов системы оставлять феромонный след на создаваемых ими решениях, тем самым передавать информацию о своих результатах агентам в следующие итерации алгоритма. Отрицательная обратная связь определяется коэффициентом испарения феромонного следа, ограничивающим его количество.

В задачах о назначениях больших размерностей муравьиный алгоритм не всегда находит оптимальное решение. Для улучшения работы алгоритма используют его модификации или алгоритмы локального поиска. К алгоритмам локального поиска относятся поиск восхождением к вершине, имитация отжига, лучевой поиск и другие. Основная идея процедуры локального поиска заключается в оптимизации целевой функции, основанной на исходном решении и множестве «соседних» точек. Определение множеств «соседних» точек для различных алгоритмов может отличаться. Так, в алгоритме поиска восхождением к вершине в задаче о назначениях рассматривается множество подстановок, полученных из исходной путем перестановки двух элементов:

$$\varphi = \begin{matrix} 1 & \dots & i & \dots & j & \dots & n \\ \varphi(1) & \dots & \varphi(i) & \dots & \varphi(j) & \dots & \varphi(n) \end{matrix} \quad (2)$$

$$\omega = \begin{matrix} 1 & \dots & i & \dots & j & \dots & n \\ \varphi(1) & \dots & \varphi(j) & \dots & \varphi(i) & \dots & \varphi(n) \end{matrix} \quad (3)$$

где  $\varphi$  – исходная подстановка;  $\omega$  – преобразованная подстановка.

Для каждого из алгоритмов имитации отжига и лучевого поиска множество «соседних» точек может задаваться по-разному. Существуют способы задания множеств, при которых данные алгоритмы сводятся к модификациям алгоритма поиска восхождением к вершине, например, к случайному поиску восхождением к вершине, где проверка узла из локальной области осуществляется согласно некоторому вероятностному распределению.

Во время выполнения процедуры локального поиска сравниваются значение целевой функций для исходного решения со всеми решениями заданного множества «соседних» точек. Исходя из правил задания множества, вычис-

ление значений целевой функции в «соседних» точках можно оптимизировать, основываясь на ее значениях в исходной точке и подстановках (2), (3). Уменьшение сложности вычислений целевой функции заключается в преобразовании известного значения целевой функции для начальной точки таким образом, что из итоговой суммы исключаются слагаемые, образованные назначениями  $i, j$  подстановки (2), после чего к итоговой сумме добавляются слагаемые, образованные назначениями  $i, j$ , но в соответствии с преобразованной подстановкой (3). В этом случае вычисление значения целевой функции для «соседней» точки представимо в виде

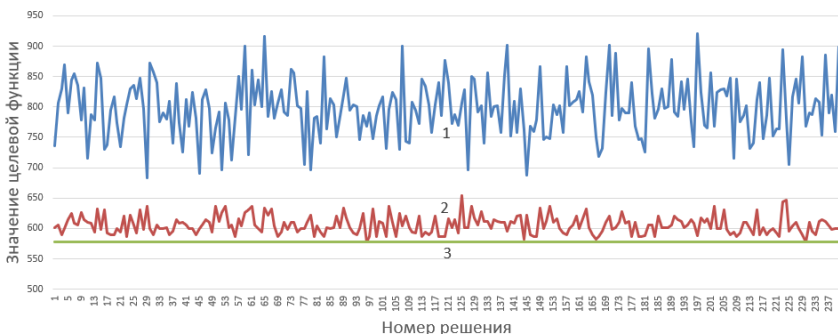
$$Z(\omega) = \sum_{k=1}^n a_{i,k} (b_{\omega(i),\omega(k)} - b_{\varphi(i),\varphi(k)}) + a_{j,k} (b_{\omega(j),\omega(k)} - b_{\varphi(j),\varphi(k)}) + \sum_{t=1}^n a_{t,i} (b_{\omega(t),\omega(i)} - b_{\varphi(t),\varphi(i)}) + a_{t,j} (b_{\omega(t),\omega(j)} - b_{\varphi(t),\varphi(j)}) + Z(\varphi) \quad (4)$$

где  $\varphi, \omega$  – исходная и преобразованная подстановки;  $i, j$  – измененные назначения;  $Z(\varphi)$  – значение целевой функции в исходной точке.

Из формулы (4) видно, что сложность вычисления значения по ней является линейной, в отличие от исходной формулы (1), имеющей квадратичную сложность. Поэтому при больших размерностях задачи для более эффективной работы алгоритма целесообразно использовать формулу (4). Раскрыв в ней скобки и разбив выражения под знаками сумм на восемь сумм, можно указать конкретное значение размерности задачи, при которой использование указанной формулы будет эффективнее, чем исходной (1). Составим неравенство для нахождения значения размерности, частями которого являются количество слагаемых в формулах расчета значения целевой функции  $n^2 > 8n + 1$ . Учитывая, что  $n$  – это размерность задачи, получим множество решений, удовлетворяющее неравенству  $n > 8$ .

Приведем результаты тестирования муравьиного алгоритма без использования процедуры локального поиска и с локальным поиском восхождения к вершине. Алгоритм реализован на языке программирования Python, в ходе решения задачи о расположении связанных элементов на печатной плате. Тестовые задачи взяты из открытого источника задач [2].





**Рис. 1. Результаты тестирования муравьиного алгоритма:**

- 1 – значения целевой функции без процедуры локальной поиска;
- 2 – значения целевой функции с процедурой локального поиска;
- 3 – оптимальное значение целевой функции.

Видим, что процедура локального поиска улучшает значения целевой функции и позволяет достичь оптимального значения. Таким образом, рассмотренные алгоритмы локального поиска позволяют усовершенствовать муравьиный алгоритм. Для алгоритма локального поиска восхождением к вершине приведен способ оптимизации вычисления значений целевой функции, что также повышает эффективность работы муравьиного алгоритма.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Штовба С.Д.* Муравьиные алгоритмы // Экспонента Про. Математика в приложениях. 2003. №4. С. 70–75. URL: [https://www.researchgate.net/publication/279535061\\_Stovba\\_SD\\_Muravinye\\_algorithmy\\_Exponenta\\_Pro\\_Matematika\\_v\\_prilozeniah\\_-\\_2003\\_-\\_No4\\_-\\_S\\_70-75](https://www.researchgate.net/publication/279535061_Stovba_SD_Muravinye_algorithmy_Exponenta_Pro_Matematika_v_prilozeniah_-_2003_-_No4_-_S_70-75), свободный (дата обращения 01.03.2021). Загл. С экрана.
2. QAPLIB Problem Instances and Solutions: [официальный сайт] URL: [https://www.researchgate.net/publication/279535061\\_Stovba\\_SD\\_Muravinye\\_algorithmy\\_Exponenta\\_Pro\\_Matematika\\_v\\_prilozeniah\\_-\\_2003\\_-\\_No4\\_-\\_S\\_70-75](https://www.researchgate.net/publication/279535061_Stovba_SD_Muravinye_algorithmy_Exponenta_Pro_Matematika_v_prilozeniah_-_2003_-_No4_-_S_70-75) (дата обращения: 01.03.2021). Загл. с экрана.

## **ВИРТУАЛЬНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЛАБОРАТОРИИ - ПРАКТИКУМ В ДИСТАНЦИОННОМ ФОРМАТЕ**

**В.М. Гулин, О.Ф. Огнева**

Научный руководитель – **О.Ф. Огнева**, канд. физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматривается проблема проведения лабораторного практикума по физике в дистанционном формате. Сделаны обзор, сравнение имеющихся онлайн-платформ и вывод об их применении в учебном процессе в онлайн и офлайн формате обучения.*

**Ключевые слова:** виртуальные физические лаборатории, дистанционное обучение, физика, лабораторный практикум

## **VIRTUAL PHYSICAL LABS - REMOTE WORKSHOP**

**V.M. Gulin, O.F. Ogneva**

Scientific Supervisor - **O.F. Ogneva**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article addresses the problem of conducting a laboratory workshop on physics in a remote format. An overview has been made, a comparison of existing online platforms and a conclusion about their use in the educational process in an online and offline training format.*

**Keywords:** virtual physical laboratories, distance learning, physics, laboratory workshop.

2020 год стал знаменательным в истории всего человечества: короновирусная инфекция охватила весь мир, повлияла на наш образ жизни, мировоззрение. Многие сферы жизнедеятельности подверглись серьёзным испытаниям и изменениям, в частности, сфера высшего образования. Университеты вынужденно перешли на дистанционный либо смешанный режим обучения, что заставило образовательные организации по-другому подходить к образовательному процессу и активно внедрять цифровые инновационные методы и способы реализации образовательной деятельности. В данной статье рассмотрим, как дистанционный формат обучения отразился на проведении лабораторных занятий по физике, выявим причину, последствия и предложим способ решения проблемы.

Лабораторный практикум, как обязательная часть рабочей программы дисциплины «Физика», выполняет ряд задач, в частности:

- 1) возможность наблюдения физического явления;
- 2) выработка первичных навыков работы с приборами;
- 3) детальное усвоение и проработка конкретных явлений;
- 4) развитие логического мышления и работа в команде.

Для подобных занятий вуз располагает лабораториями или же специально укомплектованными кабинетами. С переходом на дистанционный режим проведение таких занятий осложнилось либо стало невозможным. У студентов нет возможности проводить занятия в домашних условиях, что непосредственно сказывается на процессе обучения и образовательном результате.

Интернет-пространство наполнено довольно большим количеством ресурсов, которые на первый взгляд позволяют провести физический эксперимент либо пронаблюдать какое-либо физическое явление. Это позволит влиять на поставленную проблему, осваивать материал и приобретать необходимые навыки. Проанализируем ряд наиболее популярных результатов поисковых запросов по ряду критериев: открытость интернет-ресурса, позволяет ли проводить измерения с различными наборами исходных данных, как широко охвачены разделы физики. Выявим достоинства и недостатки каждого. Результаты сравнения представлены в таблице 1.

Нами сделан вывод, что интернет-ресурс [3] является оптимальным вариантом: огромное многообразие лабораторных работ по курсу физики, все работы в свободном доступе и подкреплены теоретической и практической частью с вариативностью исходных данных. Однако на остальных ресурсах недостаток теоретических сведений можно исправить с использованием других виртуальных лабораторий, лекционного материала и учебников. При возможности финансирования рекомендуем использование интернет-ресурса [4] с обширной теоретической базой и возможностью проведения эксперимента

Также хотелось бы добавить, что использование виртуальных лабораторных работ имеет ряд достоинств как для дистанционного, так и для очного режима обучения:

- 1) безопасность проведения эксперимента;
- 2) увеличение многообразия и диапазона лабораторных работ;
- 3) не требуется дорогостоящее оборудование;
- 4) индивидуальный темп выполнения работы;
- 5) в случае пропуска занятия возможно компенсировать пробелы в знаниях в свободное для себя время.

**Таблица 1. Интернет-ресурсы. Лабораторный практикум по физике**

Название	Многообразие разделов физики и количество лабораторных работ.	Доступ: платный/бесплатный, необходима ли регистрация.	Наличие теоретической части	Возможность проведения онлайн эксперимента
Виртуальная лаборатория по физике для студентов [1]	Механическая физика и МКТ + термодинамика. Всего 6 л/р.	Регистрация не нужна. Но для проведения экспериментальной части необходима покупка программы.	Есть	Отсутствует
Лабораторные работы по физике [2]	Механика, термодинамика, электромагнетизм, оптика. В каждом разделе несколько работ.	Регистрация не нужна. Лабораторные работы в общем доступе.	Отсутствует	Отсутствует
Виртуальные лабораторные работы по физике [3]	Более 150 лабораторных работ по всем разделам физики.	Все лабораторные работы общедоступны, однако необходима регистрация.	Есть, но не для каждой л/р	Есть
Виртуальные лаборатории [4]	Механика, электродинамика, молекулярная физика и термодинамика, оптика.	Необходима покупка отдельно взятого раздела.	Есть	Есть
Физический вольер [5]	Более 100 л/р. Присутствуют все разделы кроме атомной и ядерной физики.	Общий доступ, регистрация не требуется.	Есть	Отсутствует
Interactive Simulations for Science and Math [6]	44 л/р в совокупности по все возможным разделам.	Общий доступ, регистрация не требуется.	Отсутствует	Есть
Виртуальные лабораторные работы для очного и дистанционного обучения [7]	37 л/р, отсутствует раздел квантовой физики.	Необходима покупка отдельно взятого раздела.	Есть	Есть

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Виртуальная лаборатория по физике для студентов. URL: <http://distolymp2.spbu.ru/www/virtlab3/>
2. Виртуальные лабораторные работы по физике. URL: [http://barsic.spbu.ru/www/lab\\_dhtml/](http://barsic.spbu.ru/www/lab_dhtml/)
3. Электронные лабораторные по физике. URL: <http://mediadidaktika.ru/?redirect=0>
4. Виртуальные лаборатории. URL: <https://vr-labs.ru/>
5. The Physics Aviary. URL: <https://thephysicsaviary.com/>
6. Interactive Simulations for Science and Math. URL: <https://phet.colorado.edu/>
7. Виртуальные лабораторные работы для очного и дистанционного обучения. URL: <https://www.professionalgroup.ru/virtualnyie-laboratornyie-raboty.html>

**ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРНЫХ ПРИЗНАКОВ  
ТУРБОВИНТОВОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ  
МАЛОРАЗМЕРНЫХ БПЛА**

**А.С. Гудин, Д.А. Зиновьев**

Научный руководитель – **А.Б. Герасимов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

*Исследование турбовинтового эффекта, возникающего при облучении вращающихся винтов БПЛА монохроматическим зондирующим сигналом. Проведение эксперимента и математическое моделирование, анализ характерных признаков доплеровского спектра отраженного сигнала.*

*Ключевые слова:* эффект Доплера, СВЧ, турбовинтовой эффект, БПЛА, радар.

**RESEARCH OF CHARACTERISTICS OF SIGNS  
OF TURBOPROP OPERATION FOR DETECTING  
SMALL UAVS**

**A.S. Gudin, D.A. Zinoviev**

Scientific Supervisor – **A.B. Gerasimov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*Investigation of the turboprop effect when the rotating propellers of the UAV are irradiated with a monochromatic probe signal. Experimental and mathematical modeling, analysis of the characteristic features of the Doppler spectrum of the reflected signal.*

*Keywords:* Doppler effect, microwave, turboprop, UAV, radar.

В настоящее время активно развивается сфера малой беспилотной авиации. При этом существуют области, в которых нахождение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) запрещено. Для контроля соблюдения правил полетов и предупреждения о случайном или умышленном проникновении БПЛА на запрещенные области необходимы технические средства обнаружения и сопровождения БПЛА. Наиболее эффективными для данной задачи являются небольшие радиолокационные датчики. Однако для эффективной работы такие датчики должны различать БПЛА и другие объекты, находящиеся в воз-

душном пространстве, например, птиц. Таким образом, актуальной является задача выделения идентификационных признаков БПЛА.

Небольшие БПЛА строятся по мультироторному принципу. Отражение сигналов радиолокационного датчика от вращающегося винта должно сопровождаться доплеровским рассеянием спектра отраженного сигнала. Целью настоящего исследования является оценка характерных особенностей эхо сигнала вращающегося ротора БПЛА и определение возможности использования этих особенностей для различения БПЛА и других объектов. Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

- проводится экспериментальное исследование эхо сигнала вращающегося ротора, изучается форма и структура его спектра;
- разрабатывается математическая модель эхо сигнала вращающегося ротора, проводится сравнение модели с экспериментальными данными.

Нами была поставлена задача: провести анализ и численное моделирование сигнала, отражённого от вращающегося винта БЛА, провести эксперимент по записи сигнала реального винта БЛА с помощью доплеровского СВЧ-локационного модуля.

Для достижения поставленной задачи нами было проведено следующее:

- 1) проведены эксперименты по записи сигнала от реального БПЛА;
- 2) разработана математическая модель сигнала БПЛА;
- 3) проведено исследование свойств полученных сигналов.

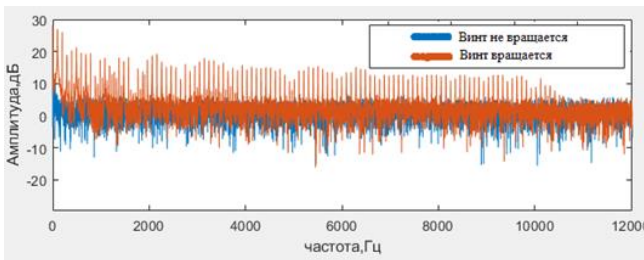


Рис. 1

В ходе эксперимента были получены записи сигналов при разных параметрах БПЛА (рис. 1). Результаты эксперимента показали, что сигнал для ситуации вращающихся и покоящихся винтов сильно отличается. В ходе построения математической модели мы получили сигнал, образованный в результате турбовинтового эффекта от БПЛА в аналитическом виде:

$$S_{\text{НЧ}}(t) = \frac{2cA \cdot \sin\left(\frac{\omega_0 R}{c} \cos(\omega_{\text{вр}} t)\right)}{\omega_0 \cdot \cos(\omega_{\text{вр}} t)} \cdot \cos\left(\frac{2d\omega_0}{c}\right), \quad (1)$$

где  $R$  - радиус винта;  $\omega_{\text{вр}}$  - частота вращения;  $c$  - скорость света;  $d$  - расстояние от винта до локатора;  $\omega_0$  - частота зондирующего сигнала;  $A$  - амплитуда сигнала;  $S_{\text{НЧ}}(t)$  - сигнал разностной частоты.

Проведено сравнение результатов, полученных на теоретической модели. Модель достаточно хорошо описывает амплитудный спектр сигнала, хотя ширина полученного спектра далеко не во всех опытах соответствовала расчётной. На рис. 2 приведены спектры реального сигнала и модели, построенные в одних временных осях.

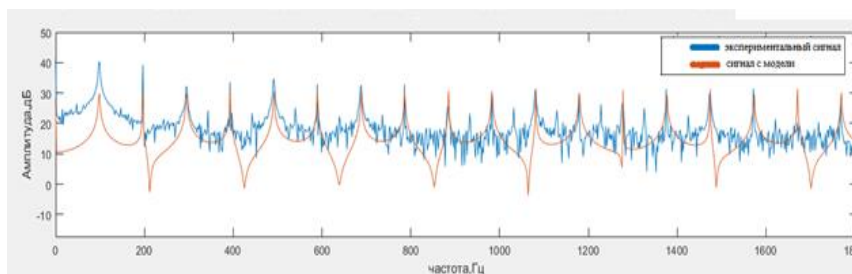


Рис. 2

Данный сигнал обладает следующими свойствами:

- ширина спектра сигнала линейно зависит от длины винта  $R$ ;
- расстояние между спектральными составляющими линейно зависит от частоты вращения винта  $\omega_{вр}$ ;
- сигнал по форме и характеру поведения напоминает  $\sin(x)/x$ ;
- сигнал в некоторых точках будет полностью отсутствовать;
- ширина спектра не зависит от частоты вращения.

На основе полученных результатов было выяснено, что корреляционные свойства модели позволяют сделать вывод, что мы можем достаточно точно определять частоту вращения винта, что в свою очередь даст возможность определять параметры вращающегося винта. А также, по количеству спектральных составляющих и ширине спектра сигнала определять радиус вращающегося винта.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кук, Ч. Радиолокационные сигналы / Ч. Кук, М. Бернфельд / пер. с англ. В.С. Кельзона. М.: Советское радио, 1971. 568 с.
2. Радиолокационные устройства / под ред. В.В. Григорина-Рябова. М.: Сов. радио, 1970.
3. Теодорович Н.Н. Способы обнаружения и борьбы с малогабаритными беспилотными летальными аппаратами / Н.Н. Теодорович, С.М. Строганова, П.С. Абрамов // Интернет-журнал «Науковедение». 2017. Т. 9. № 1. С. 13.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛОЖЕНИЯ И ВНУТРЕННЕЙ  
СТРУКТУРЫ ОТРЕЗКОВ ЛИНИЙ КОММУНИКАЦИЙ  
ПО РАССЕЯННОМУ ИМИ ЭМП**

**Е.С. Килина, Т.К. Артёмова**

Научный руководитель – **Т.К. Артёмова**, канд. физ.-мат. наук,  
доцент

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

*Проводится анализ рассеяния электромагнитных волн на отрезках линий коммуникаций с целью определения положения и внутренней структуры трубы по ЭПР. Построены частотные зависимости ЭПР для исследуемых объектов.*

**Ключевые слова:** Рассеяние на цилиндрах, распространение электромагнитных волн, линии коммуникации, внутренняя структура.

**DETERMINATION OF THE POSITION AND INTERNAL  
STRUCTURE OF COMMUNICATION LINE SEGMENTS BASED  
ON THE SCATTERING DIAGRAM**

**E.S. Kilina, T.K. Artemova**

Scientific Supervisor – **T.K. Artemova**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*The analysis of the scattering of electromagnetic waves on the segments of communication lines is carried out in order to determine the position and internal structure of the pipe according to the scattering diagram. The frequency dependences of the effective scattering surface for the objects under study are constructed.*

**Keywords:** Scattering on cylinders, propagation of electromagnetic waves, communication lines, and internal structure.

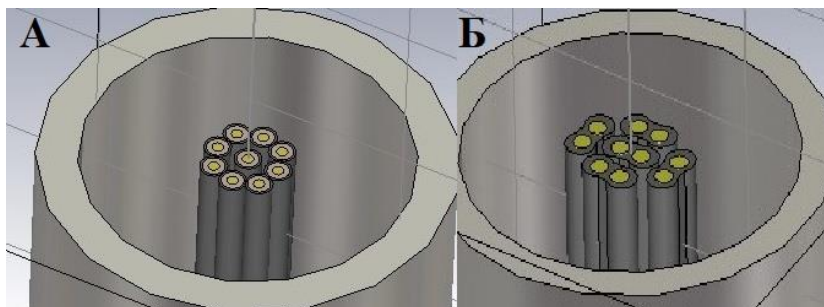
В радиофизике есть много нерешенных задач, одна из которых рассеяние электромагнитных волн на цилиндрах с различной внутренней структурой, например, на трубах, в которые заключают линии коммуникации. Решение этой задачи позволит на практике с помощью эффективной поверхности рассеяния определять положение внутренней структуры и как различать разные линии коммуникации между собой, так и отличать трубы с линиями от пустых.



Трубы для линий коммуникаций отличаются малым диаметром, меньше разрешающей способности современных систем подповерхностного зондирования, поэтому реализуемые ими методы радиовидения не позволяют получить характеристику внутренней структуры. В то же время среди факторов, влияющих на интенсивность вторичного рассеяния (длина волны, поляризация сигнала, физические свойства отражающих поверхностей [1]), оказывается и внутренняя структура. Наличие, тип и положение линий коммуникаций внутри влияет на рассеянный трубами сигнал, в том числе на диаграмму обратного рассеяния и эффективную поверхность рассеяния (ЭПР). Следовательно, существует принципиальная возможность извлечь из ЭПР информацию о внутренней структуре труб путём обработки. Однако необходимо и определять условия эксперимента, при которых эта возможность может реализоваться.

Целью работы являлось качественно определить степень этого влияния. Определить структуру и положение линий коммуникаций в трубе.

Исследование проводилось на электродинамических моделях отрезков полипропиленовых труб с коаксиальными кабелями и с двухпроводными линиями (рис. 1). Соотношение размеров объектов было взято по ГОСТу [2]. Имитировалось нормальное облучение структуры плоской волной. Таким образом были получены частотные зависимости ЭПР пустой трубы, а также ЭПР с линиями, расположенными в одном из четырёх положений: центральное, переднее (ближнее к источнику сигнала), заднее (у дальней стенки), правое. Ранние исследования показали, что пустые трубы от труб с линиями хуже всего различаются в диапазоне от 1 до 10 ГГц [3], то есть, для более детальных исследований расположения линий в трубах, которым посвящена эта работа, необходимо захватить и более низкочастотный диапазон, поэтому ЭПР получали в диапазоне частот от 1 до 10000 МГц.



**Рис. 1. Исследуемые модели:**

А – с коаксиальными проводниками, Б – с двухпроводной линией

Сами ЭПР различаются слабо, однако их частотные зависимости различны в разных диапазонах частот. На этом основании в качестве критерия

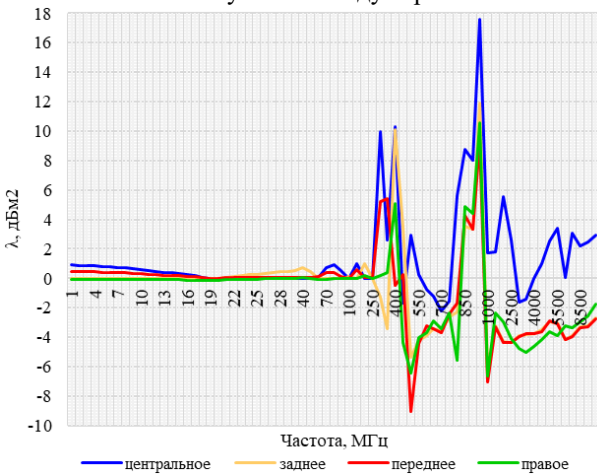
различимости был принят логарифм отношения скоростей нарастания ЭПР с частотой структуры с коаксиальными кабелями и структуры с двухпроводными линиями, вычисленных относительно скорости нарастания ЭПР пустой трубы:

$$\lambda = 10 \log \left( \frac{\text{ЭПР}_{\text{коак}} - \text{ЭПР}_{\text{пуст}}}{\text{ЭПР}_{\text{двухпр}} - \text{ЭПР}_{\text{пуст}}} \right), \quad (1)$$

где  $\text{ЭПР}_{\text{коак}}$  – ЭПР трубы с коаксиальными кабелями;  $\text{ЭПР}_{\text{двухпр}}$  – ЭПР трубы с двухпроводными линиями;  $\text{ЭПР}_{\text{пуст}}$  – ЭПР пустой трубы.

Положительное значение  $\lambda$  соответствует ситуации, когда скорость нарастания отличия ЭПР трубы с коаксиальной структурой и без неё больше, чем для трубы с двухпроводными линиями, отрицательное – наоборот. Чем больше модуль  $\lambda$ , тем сильнее различаются эти две структуры друг от друга. Так как при экспериментальном исследовании погрешности аппаратуры составляют около 2 дБ, то можно считать структуры различимыми, если величина  $\lambda$  по модулю превышает 2.

На рис. 2 представлены частотные зависимости  $\lambda$  от положения рассмотренных линий коммуникаций внутри диэлектрической трубы (см. легенду). Видно, что величина  $\lambda$  оказывается ниже порога различимости на частотах до 250 МГц. Далее, чтобы положения линий внутри трубы были различимы, нужно, чтобы значения  $\lambda$  для этих положений различались. Это позволяет определить, на каком частотном участке следует работать.



**Рис. 2.** Скорость нарастания ЭПР для разных положений провода в трубе

Основной пик на рис. 2 наблюдается на частоте 900 МГц, менее выраженные – на частотах от 250 до 550 МГц. В этих диапазонах можно надёжно отличить пустую трубу от трубы с линией коммуникаций. При этом линия,

размещённая у задней стенки, обнаруживается чуть лучше, чем размещённая в других положениях.

Лучше всего различимы между собой в паре линии коммуникации в центральном положении и прижатые к передней стенке трубы. При этом наблюдается интересная зависимость: на частотах 300 и 900 МГц происходит резкий скачок  $\lambda$  для всех положений, а на частоте 500 МГц резкий спад, для всех кроме центрального положения, для которого происходит рост  $\lambda$ . Таким образом можно сказать, что на 500 МГц можно определить положение самого провода в трубе.

В работе анализировались трубы с линиями коммуникаций, представляющими собой две наименее различимые между собой с помощью других методов структуры – коаксиальные кабели и двухпроводные линии. Предложенный критерий различимости линий коммуникаций внутри труб продемонстрировал свою работоспособность на моделях. Полученные количественные оценки позволяют выбрать диапазоны частот для экспериментального исследования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Максимов М.В.* Защита от радиопомех. М.: Советское радио, 1976. 496 с.
2. ГОСТ 31943-2012. Кабели телефонные с полиэтиленовой изоляцией в пластмассовой оболочке. Технические условия. взамен ГОСТ Р 51311-99; введ. 2014-01-01. М.: Стандартинформ, 2013. 32 с.
3. *Килина Е.С.* Анализ рассеяния электромагнитных волн на трубах с различной внутренней структурой // Физика, техника и технология сложных систем. 2019. С. 72-73.

## КАПИЛЛЯРНЫЕ ОСЦИЛЛЯЦИИ СФЕРИЧЕСКОЙ ЗАРЯЖЕННОЙ КАПЛИ И ГЕНЕРАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН КВАДРУПОЛЬНОГО ТИПА

Н.Ю. Колбнева<sup>1,2</sup>, С.О. Ширяева<sup>1</sup>

Научный руководитель – С.О. Ширяева, д-р физ.-мат. наук, профессор

<sup>1</sup>Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова,

<sup>2</sup>Ярославская государственная сельскохозяйственная академия

*В аналитических расчетах первого порядка малости по безразмерной амплитуде осцилляций сферической заряженной капли показано, что интенсивность электромагнитного излучения от неё определяется изменением во времени её квадрупольного момента. Прямые расчёты интенсивности квадрупольного излучения с точностью до постоянного множителя порядка единицы совпадают с ранее выполненными линейными расчётами.*

**Ключевые слова:** сферическая капля, электрический заряд, осцилляции, излучение электромагнитных волн, квадрупольное излучение.

## CAPILLARY OSCILLATIONS OF A SPHERICAL CHARGED DROP AND GENERATION OF ELECTROMAGNETIC WAVES OF THE QUADRUPOLE TYPE

N.Yu. Kolbneva<sup>1,2</sup>, S.O. Shiryaeva<sup>1</sup>

Scientific Supervisor – S.O. Shiryaeva, Doctor of Physics  
and Mathematics, Professor

<sup>1</sup>P.G. Demidov Yaroslavl State University,

<sup>2</sup>Yaroslavl State Agricultural Academy

*Analytical calculation for linear oscillating spherical charged drop was found. It is shown the intensity of the electromagnetic radiation depends on changing with the times quadrupole moment. The quadrupole radiation calculation for constant multiplier was found. This calculation corresponds for previous linear calculation.*

**Keywords:** spherical drop, electric charge, oscillations, electromagnetic radiation, quadrupole radiation.

Изучение механизмов электромагнитного излучения от осциллирующих

заряженных облачных и дождевых капель имеет практическое применение в радиолокации в связи с проблемами радиолокационного зондирования метеорологических объектов (облаков, туманов), в авиации в связи с проблемами управления воздушным движением, в частности, с обеспечением безопасности самолетов от попадания молний, в метеорологии и геофизике для усовершенствования методов прогноза опасных метеорологических и атмосферных электрических явлений [1].

Проблема наличия радиоизлучения уединенной заряженной капли идеальной электропроводной жидкости впервые сформулирована в рамках электрогидродинамики в восьмидесятые годы двадцатого века В.И. Калечицем, И.Е. Нахутиным, П.П. Полуэктовым [2]. Получено дисперсионное уравнение, из которого следовало наличие невязкого затухания капиллярных осцилляций капли, связанного только с потерей энергии осцилляций (при ускоренном движении зарядов) на излучение электромагнитных волн. Такая задача решена в рамках закона сохранения энергии в линейном приближении по отношению амплитуды осцилляций капли к её характерному размеру. Однако данная методика оценивания интенсивности радиоизлучения не указывает на принадлежность к типу излучения.

Таким образом, для определения типа радиоизлучения необходимо решить задачу об электромагнитном излучении заряженной капли невязкой электропроводной жидкости, поверхность которой возмущена капиллярным волновым движением, в рамках общей теории излучения.

**Постановка задачи.** Имеется уединенная капля сферической формы радиуса  $R$  идеальной, несжимаемой, идеально проводящей жидкости плотностью  $\rho$ , коэффициентом поверхностного натяжения  $\sigma$ , находящаяся в вакууме. Капля имеет заряд  $Q$ , распределенный по её возмущённой капиллярным волновым движением поверхности.

В общей теории излучения интенсивность полного электромагнитного излучения для ускоренно движущейся системы зарядов состоит из трех независимых компонент излучения: дипольной, квадрупольной и магнитно-дипольной [3]:

$$I = \frac{2}{3c^3} \left( \frac{\partial^2 \mathbf{r}}{\partial t^2} d \right)^2 + \frac{1}{180c^5} \sum_{\alpha, \beta=1}^n \left( \frac{\partial^3}{\partial t^3} D_{\alpha\beta} \right)^2 + \frac{2}{3c^3} \left( \frac{\partial^2 \mathbf{r}}{\partial t^2} \mathbf{m} \right)^2, \quad (1)$$

где  $\mathbf{r} d = Q \mathbf{R}_q$  – дипольный момент;  $D_{\alpha\beta}$  – тензор квадрупольного момента;

$\mathbf{r} \mathbf{m} = \frac{Q}{2c} \left( \mathbf{R}_q \times \partial_t \mathbf{R}_q \right)$  – магнитный момент;  $\mathbf{R}_q$  – вектор смещения заряда.

В виду того, что в линейном приближении по возмущению поверхности сферы смещение заряда отсутствует  $\mathbf{R}_q = 0$ , дипольный и магнитный моменты

равны нулю  $d^{\Gamma} = \dot{m} = 0$ , и в выражении (1) отсутствуют дипольная и магнитно-дипольная компоненты излучения. В результате в (1) интенсивность электромагнитного излучения определяется только квадрупольной компонентой излучения, где тензор квадрупольного момента  $D_{\alpha\beta}$  определяется по формуле

$$D_{\alpha\beta} = \iiint_V \gamma (3x_{\alpha}x_{\beta} - \delta_{\alpha\beta}r^2) dV, \quad (2)$$

где  $\gamma$  – объемная плотность заряда;  $\delta_{\alpha\beta}$  – дельта-символ Кронекера;  $x_{\alpha}$  и  $x_{\beta}$  – координаты радиуса-вектора  $\vec{r}$  в декартовой системе координат для точки, лежащей в объеме капли  $V$ .

Для нахождения тензора  $D_{\alpha\beta}$  в (2), рассмотрим эволюцию во времени формы осциллирующей поверхности заряженной капли.

Расчеты задачи выполняются в сферической системе координат  $(r, \theta, \varphi)$ . Равновесная сферическая поверхность капли претерпевает осесимметричное возмущение  $\xi(\theta, t)$ , вызванное тепловым движением молекул жидкости, с амплитудой  $\varepsilon = \xi / R$ , меньшей радиуса капли.

Математическая постановка задачи о капиллярных осцилляциях заряженной поверхности капли включает основные уравнения электрогидродинамики с граничными и дополнительными условиями (условие сохранения объема капли, неподвижности её центра масс и условие сохранения полного заряда капли). Начальные условия определены в виде начальной деформации равновесной сферы и равенства нулю скорости движения её поверхности.

**Решение задачи.** Задача решается в сферической системе координат. Поле скоростей движения жидкости имеет порядок возмущения поверхности капли. Искомые величины в задаче раскладываются по рядкам малости отношения амплитуды осцилляций к радиусу капли с точностью до первого порядка.

Из решения исходной задачи в первом приближении по малому параметру  $\varepsilon$  найден вектор нормали к возмущенной поверхности капли, электрический потенциал в окрестности возмущенной сферы и поверхностная плотность заряда на возмущенной сфере. Из решения динамического граничного условия в первом порядке малости по  $\varepsilon$  найдено эволюционное уравнение и, удовлетворяя начальным условиям, получено аналитическое выражение возмущенной формы поверхности заряженной электропроводной капли.

Подставляя в (2) формальное соотношение для объемной плотности заряда  $\gamma(r, \theta, t)$ , выраженное через поверхность плотности заряда  $\nu(\theta, t)$  в виде  $\gamma(r, \theta, t) = \nu(\theta, t) \delta(r - r(\theta, t))$ , найдено аналитическое выражение изменяющегося со временем квадрупольного момента. Подставляя это выражение в (1),

получено аналитическое выражение интенсивности квадрупольного излучения заряженной сферической капли, осциллирующей на основной (второй) моде:

$$I = \frac{256}{15} \frac{Q^2 \sigma^3 \varepsilon^2 h_2^2}{c^5 R^5 \rho^3} \left( 1 - \frac{Q^2}{16\pi\sigma R^3} \right)^3. \quad (3)$$

где  $h_j$  – коэффициенты, определяющие парциальный вклад  $j$ -й моды в суммарное начальное возмущение.

По формуле (3) выполним оценку мощности фонового квадрупольного электромагнитного излучения уединенной заряженной капли при возбуждении второй моды  $j=2$ . Подставляя в (3) характерные значения внутриоблачной капли  $\varepsilon=0.1$ ,  $h_2=1$ ,  $\sigma=73 \text{ dyn/cm}$ ,  $\rho=1 \text{ g/cm}^3$ ,  $Q=5 \cdot 10^{-6} \text{ CGSE}$ ,  $R=30 \mu\text{m}$ , значение интенсивности излучения по порядку величины составляет  $I \sim 3 \cdot 10^{-47} \mu\text{W}$  при частоте  $\approx 100 \text{ kHz}$ .

В результате получено, что интенсивность квадрупольного излучения, найденная в рамках общей теории излучения, по порядку величины совпадает с оценкой интенсивности излучения, полученной на основе закона сохранения энергии, предложенного В.И. Калечицем, И.Е. Нахутиным, П.П. Полуэктовым [2].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Григорьев А.И. Электромагнитное излучение, генерируемое капиллярными осцилляциями заряженных капель / А.И. Григорьев, С.О. Ширяева, А.С. Голованов, М.В. Рыбакова // ЖТФ. 2002. Т. 72, вып. 1. С. 8–14.
2. Калечиц В.И. О возможном механизме радиоизлучения конвективных облаков / В.И. Калечиц, И.Е. Нахутин, П.П. Полуэктов // ДАН СССР. 1982. Т. 262, № 6. С. 1344–1347.
3. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Т. 2. Теория поля / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. М.: Наука, 1973. 504 с.

## **АНАЛИЗ ИЗМЕНЕНИЯ ВЗАИМНЫХ ИМПЕДАНСОВ В СГИБАЕМОЙ ПО ДУГЕ ОКРУЖНОСТИ АНТЕННОЙ РЕШЕТКЕ**

**Б.Е. Назаренко, Т.К. Артёмова**

Научный руководитель – **Т.К. Артёмова**, канд. физ.-мат. наук, доцент

<sup>1</sup>Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

*Получены оценки изменения модулей и аргументов взаимных импедансов элементов линейной антенной решетки, состоящей из полуволновых диполей с плотной компоновкой при сгибании носителя по дуге окружности.*

**Ключевые слова:** *Линейная антенная решетка, взаимное влияние, сгибание носителя, ММО, матрица импедансов.*

## **CIRCULARLY BENDED ANTENNA ARRAY MUTUAL IMPEDANCES CHANGE ANALYSIS**

**B.E. Nazarenko, T.K. Artemova**

Scientific Supervisor – **T.K. Artemova**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*Estimates of the changes in the modules and arguments of the mutual impedances of the elements of a linear antenna array consisting of half-wave dipoles with a dense arrangement when the carrier is bent along the arc of a circle are obtained.*

**Keywords:** *Linear antenna array, mutual coupling, base bending, MIMO, impedance matrix.*

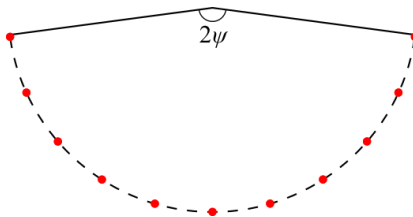
Современные и перспективные устройства связи, в том числе узлы сетей интернета вещей, используют технологию ММО (Multiple Input, Multiple Output), т. е. рассчитаны на использование многопортовых антенных решёток. При этом на каждый порт подаются и с каждого порта снимаются отдельные сигналы, которые затем подлежат цифровой обработке. С ростом максимального числа абонентов или умных устройств, одновременно работающих в сети, антенные решётки должны содержать всё большее количество элементов, а при условии ограниченности места для их размещения, - и иметь более плотную, чем обычно, компоновку. То есть антенные элементы могут размещаться на расстояниях менее половины длины волны друг от друга. При этом возрас-



тает их взаимное влияние и появляется необходимость его учитывать при организации схемы питания и обработки сигналов различных элементов решётки [1].

Некоторые решётки могут размещаться на гибких поверхностях, в том числе подверженных изгибанию под действием порывов ветра или естественных колебаний носителя. Так как работу решётки определяют электродинамические условия, в том числе взаимное расположение элементов друг относительно друга, то для гибких решёток проблема рассогласованности антенных элементов с фидером может проявляться наиболее остро. Следовательно, необходимо для конкретных геометрий и условий применения проводить исследования влияния изгибания носителя на свойства решёток и оценивать величину эффекта с целью последующей его компенсации. Целью работы является исследование изменения взаимных импедансов при изгибании антенной решетки по дуге окружности.

Для исследования выберем линейную антенную решетку из полуволновых диполей (рис. 1), расположенных на расстоянии  $d = 0,3\lambda$  друг от друга ( $\lambda$ —длина волны). Процесс сгибания описывается параметром – углом сгибания  $\psi$  при постоянной длине.



**Рис. 1. Исследуемая геометрия антенной решетки**

Результаты демонстрируются для антенной решетки, состоящей из 11 элементов на частоте  $f = 3,550$  ГГц ( $\lambda = 84,5$  мм – 78-й канал New Radio). Каждый элемент представляет собой диполь, выполненный из цельного провода с радиусом  $r = 0,4$  мм. Изменяя параметр  $\psi$  от  $10^\circ$  до  $90^\circ$ , получали значения элементов матрицы взаимных импедансов [2].

$$Z = \begin{pmatrix} Z_{1,1} & \cdots & Z_{1,11} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ Z_{11,1} & \cdots & Z_{11,11} \end{pmatrix} \quad (1)$$

В результате обработки были построены зависимости модуля (рис. 2) и аргумента (рис. 3) взаимных импедансов между первым и  $i$ -м ( $i = 1, 2, \dots, 11$ ) элементами решетки.

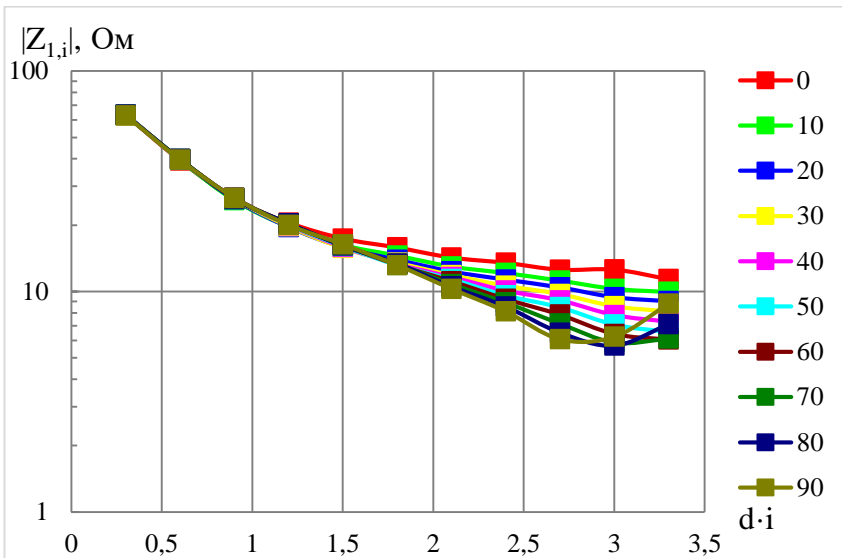


Рис. 2. Зависимость модуля  $Z_{1,i}$  от расстояния между элементами

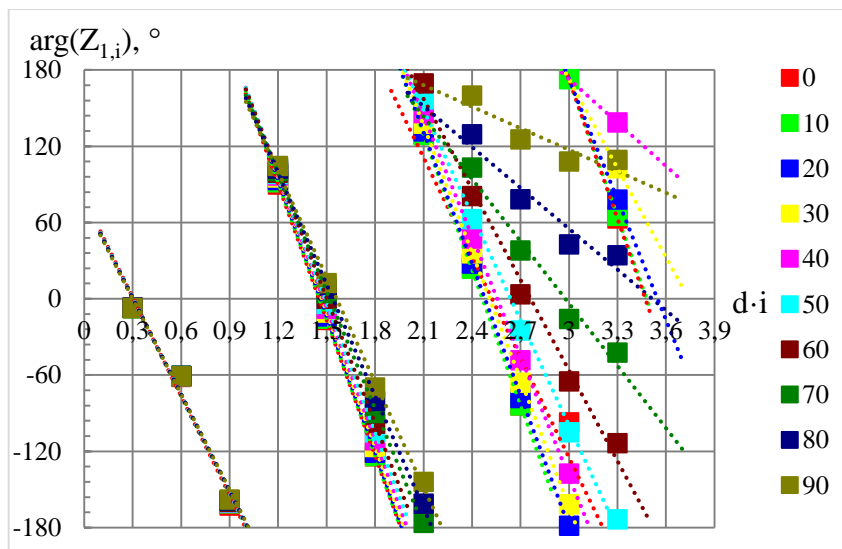


Рис. 3. Зависимость аргумента  $Z_{1,i}$  от расстояния между элементами

С изменением параметра  $\psi$  модули взаимных импедансов изменяются незначительно. Наибольшее расхождение наблюдается для  $Z_{1,10}$  (с 5,7 до 12,6 Ом). Модули взаимных импедансов с  $Z_{1,1}$  по  $Z_{1,5}$  остаются неизменными с точностью до 1,5 Ом. Кроме того, по мере роста индекса  $i$  модули взаимных импедансов убывают, однако медленнее, чем по экспоненциальному закону, заданному первыми тремя элементами. Начиная со значения параметра  $70^\circ$  монотонность зависимости заметно нарушается.

Зависимость аргумента взаимных импедансов с увеличением индекса  $i$  приобретает нелинейный характер. Линейная зависимость сохраняется для аргументов с  $Z_{1,1}$  по  $Z_{1,6}$ . Аргумент  $Z_{1,10}$  оказывается наиболее чувствительным к сгибанию решетки: он принимает разнообразные значения в диапазоне от  $-180^\circ$  до  $+180^\circ$ .

Проведённые дополнительно исследования показали, что взаимные импедансы ведут себя аналогично в случае антенных решёток с числом элементов от 5 и более. Полученные оценки изменения взаимных импедансов элементов исследуемой решётки демонстрируют, что эффектом пренебрегать нельзя. Приведённые зависимости могут послужить основой для прогноза поведения гибкой решётки при изменении её геометрии и для разработки методов динамической компенсации изменений во взаимном влиянии элементов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kim S. A compact and wideband linear array antenna with low mutual coupling / S. Kim, S. Nam // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. Vol. 67, No. 8. P. 5695-5699. DOI: 10.1109/TAP.2019.2922833.
2. Кочержевский Г.Н. Антенно-фидерные устройства. М.: Радио и связь, 1989. 352 с.

**ВЛИЯНИЕ ВКЛАДА АННИГИЛЯЦИОННЫХ ДИАГРАММ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ИНВАРИАНТНОЙ МАССЕ МЮОННОЙ ПАРЫ В РАСПАДЕ  $B^+ \rightarrow \pi^+ \mu^+ \mu^-$**

**И.М. Парнова, А.Я. Пархоменко**

Научный руководитель – **А.Я. Пархоменко**, канд. физ.-мат. наук

<sup>1</sup>Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*В данной работе вычислены распределение по инвариантной массе лептонной пары в распаде  $B^+ \rightarrow \pi^+ l^+ l^-$  и относительная вероятность данного распада посредством техники слабых эффективных гамильтонианов в двух случаях – с учетом вклада аннигиляционных диаграмм и без учета этого вклада. Такой подход дает альтернативное описание имеющихся экспериментальных данных по сравнению с предыдущим анализом, в котором выброс в области малых  $q^2$  трактовался как вклад больших расстояний от легких векторных мезонов.*

**Ключевые слова:** квантовая теория поля, редкий распад, эффективный гамильтониан, аннигиляционная диаграмма, формфактор перехода, распределение по инвариантной массе.

**IMPACT OF ANNIHILATION DIAGRAMS' CONTRIBUTION ON THE DIMUON INVARIANT MASS DISTRIBUTION  
 $IB^+ \rightarrow \pi^+ \mu^+ \mu^-$  DECAY**

**I.M. Parnova, A.Ya. Parkhomenko**

Scientific Supervisor – **A.Ya. Parkhomenko**, Candidate of Physics and Mathematics

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*In the paper dilepton invariant-mass distribution and branching fraction for  $B^+ \rightarrow \pi^+ l^+ l^-$  are calculated within the weak effective Hamiltonian approach in two cases – by taking into account a contribution of weak annihilation diagrams and without it. This accounting provides an alternative description of experimental data than the previous analysis in which the low- $q^2$  enhancement observed was explained through the long-distance contributions from the light vector mesons.*

**Keywords:** quantum field theory, rare decay, effective Hamiltonian, annihilation diagram, transition form factor, invariant-mass distribution.

Физика редких полулептонных распадов  $B$ -мезонов, идущих за счет нейтральных  $b \rightarrow s$  и  $b \rightarrow d$  токов с изменением аромата, играет большую роль при проверке правильности Стандартной модели, а также в поисках возможных отклонений от нее. В настоящее время большая часть экспериментальных данных по этим распадам поступает с Большого адронного коллайдера (LHC) и фабрики  $B$ -мезонов SuperKEKB. В работе рассматривается редкий полулептонный распад  $B^+ \rightarrow \pi^+ l^+ l^-$ , где  $l = e, \mu$  – заряженный лептон. Распределение по инвариантной массе лептонной пары и относительная вероятность этого распада выполнены в рамках метода слабых эффективных гамильтонианов с учетом КХД поправок. Такой Гамильтониан для  $b \rightarrow s$  и  $b \rightarrow d$  кварковых переходов записывается в следующем виде [1]:

$$H_{eff} = -\frac{4G_F}{\sqrt{2}} \left[ V_{tb}^* V_{tp} \sum_{i=1}^{10} C_i(\mu) O_i(\mu) + V_{ub}^* V_{up} \sum_{i=1}^2 C_i(\mu) (O_i(\mu) - O_i^{(u)}(\mu)) \right], \quad (1)$$

где  $G_F$  – константа Ферми;  $p = s, d$  – легкий кварк, задействованный в переходе;  $V_{qq'}$  – элементы матрицы смешивания кварков Кабиббо-Кобаяши-Маскавы;  $C_i(\mu)$  – коэффициенты Вильсона, определяющие вклад в амплитуду процесса соответствующего оператора  $O_i(\mu)$  на масштабе энергий  $\mu$ .

Операторы  $O_7$ ,  $O_9$  и  $O_{10}$  дают вклад в амплитуду процесса  $B^+ \rightarrow \pi^+ \mu^+ \mu^-$  в лидирующем порядке. Выражение для дифференциальной вероятности распада легко вычисляется, однако учет КХД поправок, требующих вычисления двухпетлевых диаграмм, приводит к существенным усложнениям. В рассматриваемом приближении вероятность распада можно записать как:

$$\frac{dBr(B \rightarrow P l^+ l^-)}{dq^2} = S_P \frac{2G_F^2 \alpha_e^2 m_{\tau B}}{3(4\pi)^5 m_B^3} |V_{tb}^* V_{tp}|^2 \lambda^{\frac{3}{2}}(q^2) F^{BP}(q^2) \sqrt{1 - \frac{4m_l^2}{q^2}}, \quad (2)$$

$$F^{BP}(q^2) = F_{97}^{BP}(q^2) + F_{10}^{BP}(q^2), \lambda(q^2) = (m_B^2 + m_p^2 - q^2) - 4m_B^2 m_p^2, \quad (3)$$

$$F_{97}^{BP}(q^2) = \left( 1 + \frac{2m_l^2}{q^2} \right) \left| C_9^{eff}(q^2) f_+^{BP}(q^2) + \frac{2m_b}{m_B + m_p} C_7^{eff}(q^2) f_T^{BP}(q^2) + L_A^{BP}(q^2) \right|^2, \quad (4)$$

$$F_{10}^{BP}(q^2) = \left( 1 - \frac{4m_l^2}{q^2} \right) \left| C_{10}^{eff}(q^2) f_+^{BP}(q^2) \right|^2 + \frac{6m_l^2 (m_B^2 - m_p^2)^2}{q^2 \lambda(q^2)} \left| C_{10}^{eff}(q^2) f_0^{BP}(q^2) \right|^2, \quad (5)$$

где  $S_P$  – изоспиновый множитель, определяемый мезоном в конечном состоянии, в частности,  $S_{\pi^\pm} = 1$ ,  $S_{\pi^0} = 1/2$ ,  $C_{7,9,10}^{eff}(q^2)$  – эффективные коэффициенты Вильсона, в которых учитываются КХД поправки,  $L_A^{BP}(q^2)$  – вклад от аннигиляционных диаграмм.

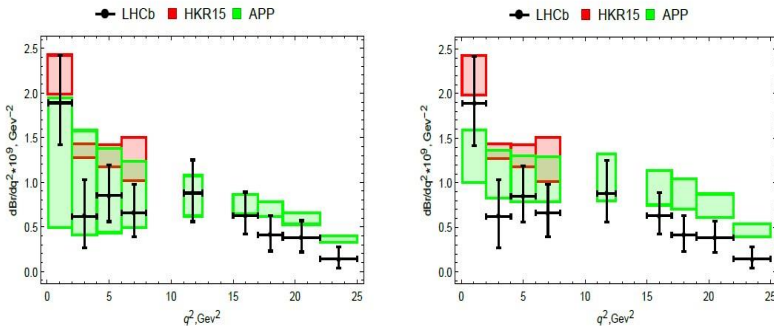
Вклад от аннигиляционных диаграмм вычисляется в рамках так называемой Эффективной теории больших энергий, и для распада  $B^+ \rightarrow \pi^+ l^+ l^-$  может быть выражен следующим образом [3]:

$$L_A^{B\pi^{(l)}}(q^2) = Q_q \frac{\pi^2}{3} \frac{4f_B f_\pi}{m_b} \lambda_{B,-}^{-1}(q^2) C_{34}, \quad (6)$$

$$L_A^{B\pi^{(u)}}(q^2) = -Q_q \frac{\pi^2}{3} \frac{4f_B f_\pi}{m_b} \lambda_{B,-}^{-1}(q^2) C_{12}, \quad (7)$$

где  $Q_q$  – заряд спектаторного кварка;  $f_B$  и  $f_\pi$  – константы распада  $B$ - и  $\pi$  - мезонов соответственно;  $C_{34}$  и  $C_{12}$  – комбинации коэффициентов Вильсона;  $\lambda_{B,-}^{-1}(q^2)$  – первый обратный момент  $B$ -мезона.

Как можно видеть из рис. 1, полученные нами в результате анализа этого распада предсказания (прямоугольники зеленого цвета, обозначенные как APP), находятся в хорошем согласии с экспериментальными данными, полученными коллаборацией LHCb [4] при учете теоретических и экспериментальных погрешностей. Более того, учет вклада аннигиляционных диаграмм дает лучшее согласие с экспериментом в области  $0 < q^2 < 2 \text{ ГэВ}^2$ . Это позволяет интерпретировать имеющийся экспериментальный выброс в этой области как вклад от аннигиляционных диаграмм.



**Рис. 1. Дифференциальная вероятность распада  $B^+ \rightarrow \pi^+ \mu^+ \mu^-$  в бинах по инвариантной массе мюонной пары с учетом вклада аннигиляционных диаграмм (WA) для БКЛ и БЦ параметризаций.**

Сплошные красные прямоугольники, обозначенные как HKR15, показывают теоретические предсказания, полученные в [5], прямоугольники зеленого цвета, обозначенные как APP, – предсказания данной работы, крестиками указаны экспериментальные данные коллаборации LHCb [4]

Полученный нами результат дает альтернативное по сравнению с предыдущим анализом объяснение экспериментального значения в области  $q^2 \leq 2 \text{ ГэВ}^2$  как доминирующего вклада больших расстояний от легких векторных  $\rho$ ,  $\omega$  и  $\phi$  мезонов [5]. Планируется провести полный совместный анализ данного распада с учетом вкладов аннигиляционных диаграмм и больших

расстояний, а также исследовать его зависимость от выбора параметризации переходных форм-факторов.

*Работа выполнена в рамках совместного проекта, поддержанного РФФИ и ГФЕН (№ 19-52-53041).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Buchalla G.* Weak Decays Beyond Leading Logarithms / *G. Buchalla, A.J. Buras, M.E. Lautenbacher* // *Rev. Mod. Phys.* 1996. V. 68. P. 1125-1144.
2. *Beneke M.* Symmetry-breaking corrections to heavy-to-light B meson form factors at large recoil / *M. Beneke, T. Feldmann* // *Nucl. Phys. B.* 2001. V. 592. P. 3-34.
3. *Beneke M.* Exclusive radiative and electroweak  $\mathbf{b} \rightarrow \mathbf{d}$  and  $\mathbf{b} \rightarrow \mathbf{s}$  penguin decays at NLO / *M. Beneke, T. Feldmann, D. Seidel* // *Eur. Phys. J. C.* 2005. V. 41. P. 173-188.
4. First measurement of the differential branching fraction and CP asymmetry of the  $\mathbf{B}^\pm \rightarrow \pi^\pm \mu^+ \mu^-$  decay / *Aaij R. [et al.]* // *JHEP.* 2015. V. 10. P. 034.
5. *Hambrock C.* Hadronic effects and observables in  $\mathbf{B}^+ \rightarrow \pi^+ l^+ l^-$  decay at large recoil / *C. Hambrock, A. Khodjamirian, A. Rusov* // *Phys. Rev. D.* 2015. V. 92. P. 074020.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

**М.А. Погребняк, И.С. Кащенко**

Научный руководитель – **И.С. Кащенко**, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

*В данной работе строится новая математическая модель транспортного потока, которая описывает движение  $N \in \mathbb{N}$  автомобилей. В ходе работы изучаются основные динамические свойства модели. Полученная модель применяется для описания динамики реального транспортного потока в различных дорожных ситуациях, а затем результаты моделирования сравниваются с данными, полученными в ходе наблюдения за реальными транспортными потоками и светофорами.*

**Ключевые слова:** математическая модель, динамика движения транспортного потока.

## TRAFFIC FLOW MODEL

**M.A. Pogrebnyak, I.S. Kashchenko**

Scientific Supervisor – **I.S. Kashchenko**, Doctor of Physics and Mathematics, Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*This paper presents a construction of the new traffic flow mathematical model, which describes the movement of  $N \in \mathbb{N}$  vehicles. In this paper, the main dynamic properties of the model are investigated. The resulting model is used to describe the real traffic flow dynamics in various traffic situations, and then the simulation results are compared with the data obtained during the observation of real traffic flows.*

**Keywords:** mathematical model, traffic flow dynamics.

В условиях стремительного расширения городов и развития их инфраструктуры становится всё более актуальным моделирование потоков автомобильного транспорта. Транспорт – одна из ключевых систем городского организма, которую по важности уместно сравнить с кровоснабжением. Тема транспорта касается каждого городского жителя, и тем важнее становятся усилия по систематизации управления дорожным движением на транспортной сети городов, которая нуждается в проработанной и сбалансированной транспортной модели, так как без неё управлять городскими потоками практически невозможно.



В работе строится новая математическая модель движения транспортного потока, которая описывает движение  $N \in \mathbb{N}$  автомобилей. За  $x$  обозначено положение транспортного средства, а  $\dot{x}$  и  $\ddot{x}$  скорость и ускорение соответственно. Все автомобили считаются материальными точками, поэтому их внутренняя структура и внешние габариты не учитываются.

Все движение автомобиля разделено на две фазы: ускорение и торможение, причём в конкретный момент времени автомобиль либо разгоняется, либо тормозит. Для этого введена релейная функцию вида

$$R(\Delta x_n(t, \tau)) = \begin{cases} 1, & \text{если } \Delta x_n(t, \tau) > S + l, \\ 0, & \text{если } \Delta x_n(t, \tau) \leq S + l, \end{cases}$$

где  $\tau$  – время реакции водителя,  $\Delta x_n(t, \tau) = x_{n-1}(t - \tau) - x_n(t)$  – расстояние между соседними автомобилями,  $l$  – безопасное расстояние между автомобилями, а  $S$  – тормозной путь. Под тормозным понимается расстояние, которое проходит транспортное средство с момента срабатывания тормозной системы до полной остановки [1]. Для расчёта данной величины использована часто встречающаяся в литературе [2] формула

$$S = \frac{v^2}{2\mu g},$$

где  $v$  – текущая скорость транспортного средства,  $\mu$  – коэффициент трения,  $g$  – ускорение свободного падения.

Первая фаза движения – разгон. Для описания разгона использован принцип, при котором преследующий автомобиль подстраивает свою скорость относительно впереди идущего. Вторая фаза движения – торможение. Торможение автомобиля зависит от разности расстояний и скоростей между самим автомобилем и впереди идущим автомобилем, а также от безопасной дистанции между ними.

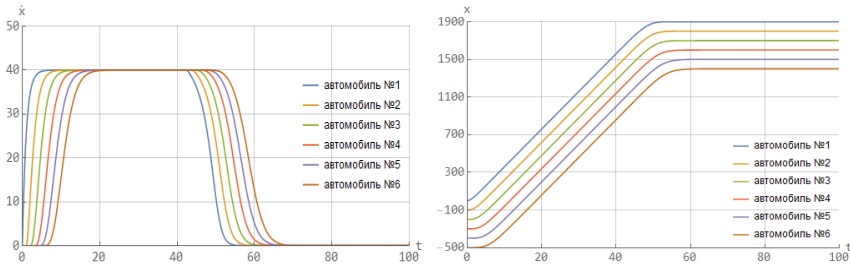
Таким образом, на основе выше приведенных утверждений, была построена новая математическая модель движения транспортного потока, которая имеет вид системы дифференциальных уравнений с запаздыванием:

$$\begin{cases} \ddot{x}_n(t) = R(\Delta x_n(t, \tau)) [a(\dot{x}_{n-1}(t - \tau) - \dot{x}_n(t))] + \\ \quad + (1 - R(\Delta x_n(t, \tau))) \left[ q \left( \frac{\dot{x}_n^2(t) [\dot{x}_{n-1}(t - \tau) - \dot{x}_n(t)]}{(x_{n-1}(t - \tau) - x_n(t) - l)^2 + k} \right) \right], \\ x_n(t) = \lambda_0 - (n - 1)\lambda, \quad \dot{x}_n(t) = v_n, \quad \text{при } t \in [-\tau, 0] \text{ и } 2 \leq n \leq N, \end{cases} \quad (1)$$

где  $\tau$  – время реакции водителя;  $a > 0$  – коэффициент ускорения;  $q > 0$  – коэффициент торможения;  $l > 0$  – безопасное расстояние между автомобилями;  $k$  – корректирующий коэффициент;  $\lambda_0$  – положение первого автомобиля в начальный момент времени;  $\lambda$  – расстояние между соседними автомобилями;  $v_n$  – начальная скорость автомобилей.

Полученная модель (1) описывает все автомобили потока. Для описания первого автомобиля ( $n = 1$ ) модель дополнена значениями  $x_0(t)$  и  $\dot{x}_0(t)$ . В качестве  $x_0(t)$  может использоваться расстояние, которое должен проехать первый автомобиль  $x_0 = L$ . В качестве  $\dot{x}_0(t)$  в первом слагаемом используется максимальная желаемая скорость  $\dot{x}_0 = v_{\max}$ , а во втором – минимальная желаемая скорость, то есть скорость, до которой нужно сбросить свою текущую скорость  $\dot{x}_0 = v_{\min}$ .

На рис. 1 изображены графики изменения скорости и расстояния для нескольких автомобилей,двигающихся согласно модели (1).



**Рис. 1. Графики изменения скорости (слева) и расстояния (справа)**

**для модели (1) с параметрами:**

$$\tau = 1, \quad a = 1, \quad q = 1, \quad k = 0.0001, \quad v_{\max} = 40, \quad v_{\min} = 0, \quad \lambda_0 = 0, \quad \lambda = 100, \\ l = 100, \quad L = 1900, \quad x_0 = 0, \quad v_n = 0, \quad g = 9.8, \quad \mu = 0.6$$

Для полученной модели на основе физических законов, действующего законодательства Российской Федерации [1] и логических соображений определяются значения и единицы измерения параметров:  $v_{\max} = 16.7$  м/с,  $v_{\min} = 0$  м/с,  $\tau = 1$  с,  $\lambda = 3$  м,  $l = 2$  м,  $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>,  $\mu = 0,6$ ,  $a = 1$ ,  $q = 1$ .

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 № 1090 (ред. от 21.12.2019) «О правилах дорожного движения» (вместе с «Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения»)
2. Лазарев Д.А. Совершенствование дорожно-транспортной экспертизы на основе исследования процесса торможения автомобиля: дис. ... канд. техн. наук. Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018.

**ЛОКАЛЬНАЯ ДИНАМИКА УРАВНЕНИЯ  
С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ ПЕРИОДИЧЕСКИМИ  
КОЭФФИЦИЕНТАМИ**

**Е.М. Татанова**

Научный руководитель – **И.С. Кащенко**, д-р физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*В работе исследуется динамика дифференциального уравнения. Изучается случай, когда бифуркационный параметр не является константой. В этой ситуации с помощью асимптотических методов построены нормальные формы. В ходе исследования показано, что нормальная форма является двумерной.*

**Ключевые слова:** асимптотические методы, нормальная форма, уравнения с запаздыванием, состояние равновесия.

**LOCAL DYNAMICS OF EQUATIONS WITH DELAY  
AND PERIODIC COEFFICIENTS**

**E.M. Tatanova**

Scientific Supervisor - **I.S. Kashchenko**, Doctor of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State University named after P.G. Demidov

*The paper investigates the dynamics of a differential equation. We study the case when the bifurcation parameter is not constant. In this situation, normal forms are constructed using asymptotic methods. The study showed that the normal form is two-dimensional.*

**Keywords:** asymptotic methods, normal form, equations with delay, equilibrium state.

Рассмотрим дифференциальное уравнение с запаздыванием

$$\dot{x} + x = ax(t - T) + f(x), \quad (1)$$

где  $a$  – произвольный параметр:  $T > 0$  – фиксированное время запаздывания;  $f(x)$  – функция, имеющая в нуле порядок выше первого, т.е.  $f(0) = f'(0) = 0$ . Уравнения такого вида часто возникают в качестве математических моделей [1]. Таким образом, у уравнения (1) существует решение  $x \equiv 0$ . Поставим задачу исследовать поведение решений в окрестности этого состояния

равновесия в фазовом пространстве  $C_{[-T,0]}$ .

Главное отличие настоящей работы – это то, что коэффициент  $a$  зависит от времени, являясь при этом близким к константе:

$$a = a_0 + \varepsilon a_1(t), \text{ где } 0 < \varepsilon \ll 1.$$

Как и для обыкновенных дифференциальных уравнений, для уравнения (1) имеет место теорема Ляпунова об устойчивости по первому приближению [3].

Рассмотрим линеаризованное на нулевом состоянии равновесия уравнение (1) при  $\varepsilon = 0$ :

$$\dot{x} + x = ax(t - T). \quad (2)$$

Для него получаем укороченную нормализованную форму задачи (1), которую можно представить как

$$\frac{d\xi}{d\tau} = \lambda_1 \xi + \lambda_2 \bar{\xi} + d\xi|\xi|^2, \quad (3)$$

где

$$\lambda_1 = \frac{\omega_0 e^{-i\omega_0 T}}{2\pi(1 + a_0 T e^{-i\omega_0 T})} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega_0}} a_1(t) dt,$$

$$\lambda_2 = \frac{\omega_0 e^{i\omega_0 T}}{2\pi(1 + a_0 T e^{-i\omega_0 T})} \int_0^{\frac{2\pi}{\omega_0}} a_1(t) e^{-2i\omega_0 t} dt,$$

$$d = \frac{1}{1 + a_0 T e^{-i\omega_0 T}} \left( -\frac{4f_2^2}{-1 + a_0} + \frac{2f_2^2}{2i\omega_0 + 1 - a_0 e^{-2i\omega_0 T} + 3f_3} \right).$$

Динамика задачи (3) позволяет определить поведение решений (1).

**Теорема 1.** Пусть у уравнения (3) есть грубое состояние равновесия  $\xi_*$ . Тогда при достаточно малых значениях  $\varepsilon$  уравнение имеет периодическое решение той же устойчивости вида

$$x(t, \varepsilon) = \sqrt{\varepsilon} [\xi_* e^{i\omega_0 t} + \bar{\xi}_* e^{-i\omega_0 t}] + O(\varepsilon).$$

**Теорема 2.** Пусть у уравнения (3) есть грубый цикл  $\xi_*$ . Тогда при достаточно малых значениях  $\varepsilon$  уравнение имеет решение

$$x(t, \varepsilon) = \sqrt{\varepsilon} [\xi_*(\varepsilon t) e^{i\omega_0 t} + \bar{\xi}_*(\varepsilon t) e^{-i\omega_0 t}] + O(\varepsilon)$$

той же устойчивости.

Представим  $\xi(\tau)$  в показательной форме:

$$\xi(\tau) = \rho(\tau) e^{i\varphi(\tau)}. \quad (4)$$

Подставим (4) в уравнение (3). Получим систему уравнений для амплитуды  $\rho(\tau)$  и для фазы  $\varphi(\tau)$ :

$$\frac{d\rho}{d\tau} = (\operatorname{Re}\lambda_1)\rho + (\operatorname{Re}\lambda_2)\cos 2\varphi \cdot \rho + (\operatorname{Im}\lambda_2)\sin 2\varphi \cdot \rho + (\operatorname{Re}d)\rho^3,$$

$$\frac{d\varphi}{d\tau} = \operatorname{Im}\lambda_1 - (\operatorname{Re}\lambda_2)\sin 2\varphi + (\operatorname{Im}\lambda_2)\cos 2\varphi + (\operatorname{Im}d)\rho^2.$$

Отметим, что в отличие от случая  $a_1 \equiv \text{const}$  ни (5), ни (6) не отщепляются от системы, и нормальная форма является двумерной сисемой. У этой нормальной формы устойчивыми могут быть только состояния равновесия и периодические решения.

В качестве примера рассмотрим широко использующееся в популяционной динамике уравнение Хатчинсона [4]:

$$\dot{x} = \lambda(1 - x(t - 1)) \cdot x, \quad (7)$$

где  $\lambda$  – положительный параметр. Заметим, что это уравнение имеет состояние равновесия  $x = 1$ . Оно теряет устойчивость при  $\lambda = \frac{\pi}{2}$ . Рассмотрим уравнение (7) в случае, когда значение параметра близко к критическому, т.е.

$$\lambda = \frac{\pi}{2} + \varepsilon \cdot a(t).$$

Произведём замену

$$x = 1 + y.$$

Тогда уравнение (7) принимает следующий вид:

$$\dot{y} = -\lambda y(t - 1) \cdot (1 + y), \quad (8)$$

здесь соответствующее состояние равновесия  $y = 0$ .

Таким образом, получаем укороченную нормальную форму, которую можно представить как

$$\frac{d\xi}{d\tau} = \lambda_1 \xi + \lambda_2 \bar{\xi} + d\xi|\xi|^2, \quad (9)$$

где

$$\lambda_1 = -\frac{2i}{2 + \pi i} \int_0^4 a(t) dt,$$

$$\lambda_2 = \frac{2i}{2 + \pi i} \int_0^4 a(t) e^{-int} dt,$$

$$d = \frac{\pi(1 - 3i)}{5(2 + \pi i)}.$$

Уравнение (9) является нормальной формой для (7) при  $\lambda$  близком к  $\frac{\pi}{2}$ . Справедлива следующая теорема, аналогичная теоремам 1 и 2.

**Теорема 3.** Пусть у уравнения (9) есть грубое состояние равновесия или грубый цикл. Тогда при достаточно малых значениях  $\varepsilon$  уравнение (8) имеет решение той же устойчивости вида:

$$y(t, \varepsilon) = \sqrt{\varepsilon}[\bar{\xi}(\tau)e^{i\frac{\pi}{2}t} + \bar{\xi}(\tau)e^{-i\frac{\pi}{2}t}] + O(\varepsilon).$$

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Erneux T.* Applied delay differential equations. Berlin : Springer, 2009.
2. *Кащенко И.С.* Метод квазинормальных форм в уравнениях с запаздыванием. Ярославль, 2012. С. 5-23.
3. *Хейл Дж.* Теория функционально-дифференциальных уравнений. М.: Мир, 1984.
4. *Hutchinson G.E.* Circular causal in ecology // Ann. N.Y. Acad. Sci. 1948. 50. P. 221–246.

## РАСЧЕТ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИБРАЦИОННОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЭНЕРГИИ НА ОСНОВЕ НИТРИДА АЛЮМИНИЯ

**П.С. Шлепаков<sup>1,2</sup>, И.В. Уваров<sup>1</sup>, С.П.Зимин<sup>2</sup>**

Научный руководитель - **С.П. Зимин**, д-р физ.-мат. наук,  
профессор

<sup>1</sup>Ярославский филиал Физико-технологического института им. К.А. Валиева  
РАН

<sup>2</sup>Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

*Представлено устройство, осуществляющее сбор энергии механических колебаний и преобразующее ее в электричество с помощью пьезоэффекта. Сборщик представляет собой многослойный кантилевер с инерционной массой на свободном конце. Пьезоэлектрический слой толщиной 0.5 мкм сформирован из нитрида алюминия. Особенностью изделия является малый латеральный размер, составляющий около 1 мм. Сборщик имеет простую конструкцию и может быть изготовлен по технологии микроэлектромеханических систем (МЭМС). Выполнено моделирование устройства методом конечных элементов. Подбор размеров кантилевера и инерционной массы обеспечивает настройку собственной частоты в пределах от 43 до 146 Гц. Полоса частот сборщика составляет 5 Гц. Устройство обеспечивает выходное напряжение амплитудой 0.56 В, достаточное для выпрямления с помощью диодного моста. Вследствие малых размеров выходная мощность сборщика относительно невелика и не превышает 10 нВт, однако по удельной мощности изделие сопоставимо с известными устройствами на основе AlN.*

**Ключевые слова:** МЭМС, сборщик энергии, механические колебания, кантилевер, пьезоэлектрический эффект, нитрид алюминия, резонансная частота, мощность.

## PERFORMANCE CALCULATION FOR THE VIBRATIONAL ENERGY TRANSDUCER BASED ON ALUMINUM NITRIDE

**P.S. Shlepakov<sup>1,2</sup>, I.V. Uvarov<sup>1</sup>, S.P. Zimin<sup>2</sup>**

Scientific Supervisor - **S.P. Zimin**, Doctor of Physics  
and Mathematics, Professor

<sup>1</sup>Valiev Institute of Physics and Technology RAS, Yaroslavl Branch

<sup>2</sup>P.G. Demidov Yaroslavl State University

*A device for converting the energy of mechanical vibrations to electricity by the piezoelectric effect is presented. A main part of the transducer is a multilayer cantilever with the inertial mass at the tip. A piezoelectric layer is made of 0.5  $\mu\text{m}$  thick aluminum nitride. A feature of the device is the compact lateral size of about 1 mm, which is 10 times smaller in comparison with conventional transducers. The design of the device is compatible with microelectromechanical system (MEMS) technology. The cantilever has the natural frequency in range of 43 to 146 Hz, depending on the size and mass, and the bandwidth of 5 Hz. The transducer provides the output voltage of 0.56 V, which is high enough for rectifying with the diode bridge. The output power of 10 nW is relatively low due to the small size of the device. However, the figure of merit is comparable to conventional AlN-based energy harvesters.*

**Keywords:** MEMS, energy harvester, mechanical vibrations, cantilever, piezoelectric effect, aluminum nitride, resonant frequency, power.

## ВВЕДЕНИЕ

Стремительное уменьшение размеров и снижение потребляемой мощности микрoeлектронных компонентов в последние десятилетия привело к широкому распространению портативных беспроводных устройств. Питание этих приборов обычно осуществляется от батареи, однако использование батареи подразумевает постоянный контроль заряда и прерывание работы устройства при её замене или разрядке. В некоторых приборах, таких как тензометрические датчики строительных конструкций или GPS-маяки для слежения за животными в дикой природе, заменить батарею трудно или невозможно. Вместе с тем, энергопотребление таких устройств может достигать всего нескольких десятков микроватт [1]. Это дает возможность питать их от встроенных миниатюрных генераторов, использующих внешние источники энергии, такие как солнечный свет или ветер. Перспективным источником энергии являются механические колебания. Для питания малогабаритных и портативных устройств может использоваться вибрация бытовых приборов и строительных конструкций. В этих случаях сбор и преобразование механической энергии в электричество осуществляется с помощью компактных устройств, изготовленных по технологии МЭМС. Пьезоэлектрический сборщик энергии имеет простую конструкцию, изготавливается с помощью стандартных методов микрoeлектроники и обеспечивает наибольшую эффективность преобразования по сравнению с устройствами других типов [2].

В качестве пьезоматериала широко применяется цирконат-титанат свинца (ЦТС). Однако, вследствие токсичности, во многих странах его использование постепенно ограничивается. В последние годы множество работ посвящается альтернативным материалам, в частности, нитриду алюминия. Преобразователи на основе AlN имеют латеральный размер около 1  $\text{см}^2$  и выходную мощность в нескольких десятках микроватт [3]. Их недостатком является узкая полоса частот, в которой осуществляется сбор энергии. Расширить полосу можно путем объединения нескольких резонаторов, настроенных на разные частоты, на одном чипе, но для этого необходимо уменьшить размер резонатора. В данной работе рассматривается пьезоэлектрический сборщик энергии на



основе AlN с латеральным размером около 1 мм<sup>2</sup>. Рабочие характеристики устройства исследуются с помощью моделирования методом конечных элементов.

## МЕТОДЫ

Основным элементом сборщика является многослойный кантилевер, изображенный на рис. 1. Базовым слоем служит термический оксид кремния толщиной 0.9 мкм. Пьезоэлектрический слой AlN имеет толщину 0.5 мкм и располагается между двумя электродами из хрома толщиной 0.1 мкм. Прибор устанавливается на колеблющееся тело. Перемещение основания возбуждает колебания кантилевера. Механическое напряжение, возникающее в слое AlN, поляризует его и создает электрический заряд на верхней и нижней поверхностях. Между электродами возникает разность потенциалов, которая создает ток во внешней цепи. Ток, выпрямленный с помощью диодного моста, питает целевое устройство. Рассматриваются два режима работы преобразователя: стационарный и колебательный. В стационарном режиме основание фиксировано, прибор находится в постоянном гравитационном поле с ускорением свободного падения  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ . Исследуется зависимость разности потенциалов между электродами от размеров кантилевера и его собственная частота. Колебательный режим соответствует нахождению преобразователя на вибрирующем источнике энергии. Основание движется с ускорением, изменяющимся по гармоническому закону  $a = g \cdot \sin(2\pi f t)$ , где  $f$  – частота внешних колебаний. К электродам подключается идеальный резистор. В этом режиме исследуется резонансная частота и амплитуда колебаний кантилевера, оптимальное значение сопротивления цепи, разность потенциалов и электрическая мощность на нагрузке.

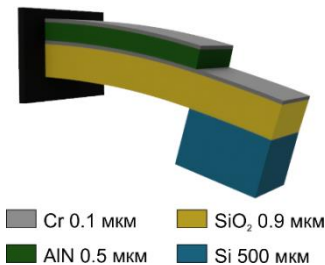


Рис 1. Конструкция сборщика

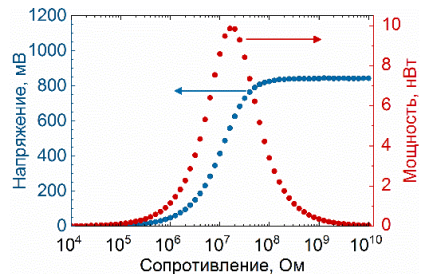


Рис. 2. Зависимость выходного напряжения и мощности от сопротивления нагрузки

## РЕЗУЛЬТАТЫ

С увеличением длины кантилевера возрастают механические напряжения в AlN и, следовательно, разность потенциалов между электродами. Увели-

чение ширины не приводит к росту напряжений, но расширяет площадь электродов и увеличивает накопленный заряд, что дает больший выходной ток. Добавление инерционной массы на свободный конец кантилевера (см. рис. 1) снижает его собственную частоту в 10 раз и повышает выходное напряжение на три порядка. Собственная частота составляет от 43 до 146 Гц, в зависимости от размеров кантилевера и массы, а выходное напряжение достигает 115 мВ. Полоса пропускания сборщика составляет 5 Гц. На резонансной частоте амплитуда выходного напряжения достигает 0,8 В. Максимальная мощность в 10 нВт наблюдается при оптимальном сопротивлении нагрузки  $R \approx 16$  МОм (рис. 2). При этом амплитуда выходного напряжения составляет 0,56 мВ и достаточно велика для выпрямления с помощью диодного моста. Несмотря на относительно низкую выходную мощность преобразователя, по удельной мощности, составляющей  $3.9 \text{ мВт}/(\text{г}^2 \cdot \text{см}^2)$ , он сопоставим с известными устройствами. В дальнейшем планируется модифицировать конструкцию сборщика с целью увеличения его производительности.

*Работа выполнена в рамках Государственного задания ФТИАН им. К.А. Валиева РАН Минобрнауки РФ по теме № 0066-2019-0002.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chandrakasan A. Trends in low power digital signal processing / A. Chandrakasan, R. Amiratharajah., J. Goodman // 1998 IEEE Int. Symp. Circ. S. 1998. Т. 4. С. 604-607.
2. Roundy S. A piezoelectric vibration based generator for wireless electronics / S. Roundy, P. K. Wright // Smart Mater. Struct. 2004. Т. 13, №. 5. С. 1131.
3. Andosca R. Experimental and theoretical studies on MEMS piezoelectric vibrational energy harvesters with mass loading / R. Andosca et al // Sens. Actuator A-Phys. 2012. Т. 178. С. 76-87.

# СЕКЦИЯ «НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ»

УДК 625.084

## МОДЕРНИЗАЦИЯ АСФАЛЬТОВОГО КАТКА DM-7,7-VD

**С.А. Махов, И.С. Тюремнов**

Научный руководитель – **И.С. Тюремнов**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются пути модернизации катков. Определяются основные задачи и варианты реализации улучшений.*

**Ключевые слова:** асфальтовый каток, модернизация катков, конструкция вибровозбудителя, вибрационный валец.

## MODERNIZATION OF THE DM-7,7-VD ASPHALT SKATING RINK

**A.S. Makhov, I.S. Tyuremnov**

Scientific Supervisor – **I.S. Tyuremnov**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The ways of modernization of ice rinks are considered. The main tasks and options for implementing improvements are defined.*

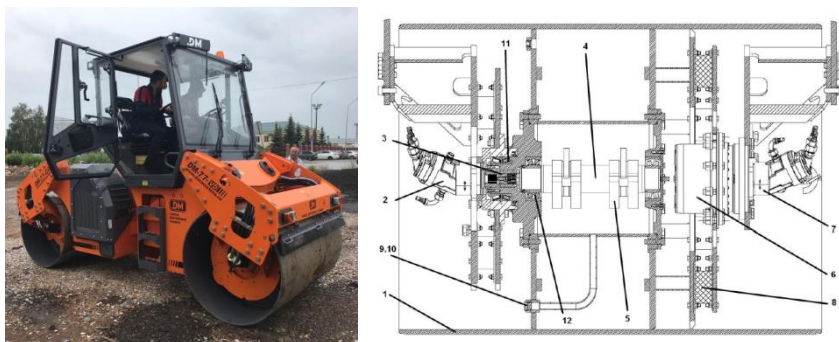
**Keywords:** asphalt roller, roller modernization, vibration exciter design, vibration roller.

Ни для кого не секрет, насколько важна и актуальна задача строительства и ремонта автомобильных дорог в современном мире. Постоянно повышаются качество и требования к автомагистралям, прокладываются новые маршруты и пути, для строительства которых требуется технологичные и высокопроизводительные машины. В нашей стране большинство такой техники импортное, что существенно удорожает процесс прокладки автомобильных дорог, а также мы становимся зависимыми от других стран. Для снижения

рисков сокращения импорта строительной и дорожной техники, а также для повышения конкурентоспособности была актуальна задача создания или модернизации отечественных машин, а именно дорожных катков. Проектирование и разработка новых машин крайне трудоемкий и затратный процесс, поэтому зачастую проводится модернизация и улучшение существующей машины.

Для того чтобы обеспечить конкурентоспособность отечественной машины, необходимо обеспечить ряд показателей не ниже уровня импортных аналогов. Такими показателями являются технические характеристики машины (масса, вынуждающие усилия, режимы работы, частоты колебаний и т.д.), надежность, простота обслуживания и ремонта, расходы на производство и эксплуатацию машины, а также эргономика.

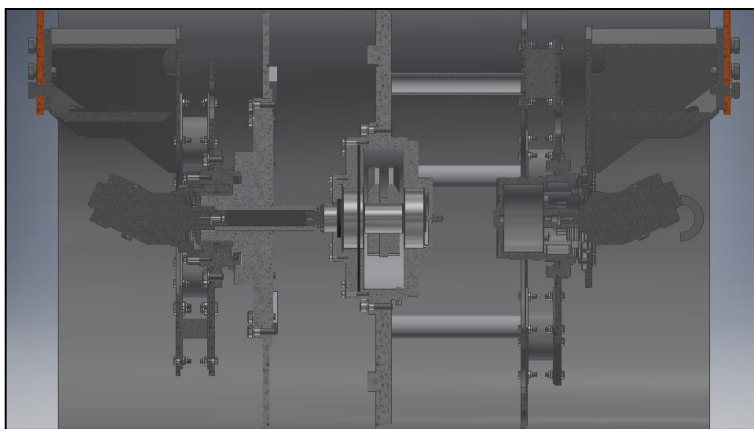
В нашем случае задача модернизации коснулась асфальтового вибрационного катка марки DM-7,7-VD (рис.1), который является одной из наиболее востребованных машин на рынке катков РФ. Завод «Дорожных машин» является крупнейшим производителем катков в России и СНГ, выпускающий широкую гамму дорожных катков статического и вибрационного действия.



**Рис. 1. Гладковальцовый асфальтовый вибрационный каток DM-7,7-VD [1-2]**

Базовая машина DM-7,7-VD имеет одну частоту работы вибровозбудителя – 40 Гц и при этом два значения вынуждающего усилия 35 и 60 кН. Анализ зарубежных аналогов показал, что машины сопоставимой массы имеют две частоты колебаний (около 45 и 54 Гц) и более высокие вынуждающие усилия (около 72 и 59 кН), поэтому было принято решение довести характеристики машины DM-7,7-VD до уровня аналогов. Для этого было необходимо спроектировать двухчастотный вибровозбудитель и увеличить его вынуждающую силу. Также стояла задача упрощения конструкции и сокращения расходов при производстве.

Вибровозбудитель представляет собой устройство, которое создает вынуждающие усилия и передает их на вибровалец. Он содержит вибрационный вал, блок дебалансов, подшипники, привод, корпус и другие конструктивные элементы. При вращении вибрационного вала по часовой стрелке дебалансы выстраиваются в ряд и таким образом создают наибольшее вынуждающие усилие. При смене направления вращения дебалансы раздвигаются и встают оппозитно друг другу, тем самым формируя наименьшее вынуждающие усилие. Отличием модернизируемой конструкции (рис. 2) от базовой является то, что при смене направления вращения изменяется частота колебаний, которая способствует более качественному уплотнению асфальтобетонных покрытий.



**Рис. 2. Модернизированный вибровалец в разрезе**

Проектирование началось с модернизации подшипникового узла, а именно были заменены сферические подшипники вибровозбудителя на роликовые цилиндрические, которые имеют более высокий КПД, а значит меньший нагрев в процессе работы, способны выдерживать большие нагрузки и при этом имеют меньшую стоимость. Таким образом, удалось немного снизить потребляемую вибровозбудителем мощность. Установка таких подшипников возможна лишь при высокой точности изготовления подшипниковых опор и обработки их за один проход. Для этого был разработан и спроектирован новый корпус вибровозбудителя, в котором располагаются подшипниковые опоры. Проектирование всех элементов осуществлялось в САПР Autodesk Inventor Professional 2019, а некоторые расчеты подтверждались ручным счетом.

Следующим этапом проектирования была разработка нового вибрационного вала, способного выдерживать более высокие нагрузки. Вал получился более коротким и жестким, что также снизило стоимость его изготовления.

С целью увеличения вынуждающей силы, были спроектированы новые подвижные и неподвижный дебалансы. Для уменьшения времени разгона, их форма была оптимизирована таким образом, чтобы получить наименьший момент инерции при требуемых частотах и вынуждающих усилиях. Это удалось достичь за счет уменьшения ширины боковых граней, которые не участвуют в создании вынуждающего усилия.

В результате этих изменений был снижен момент инерции дебалансов и время разгона вибровозбудителя, что снижает вероятность образования «гребенки» в процессе включения-выключения вибровозбудителя и прохождения зоны резонанса, а также снижает расход топлива.

Вибрационный валец на базовой машине представляет собой технически сложную для производства конструкцию, включающую в себя покупные комплектующие, сварные металлоконструкции, а также литые детали, которые, зачастую, приходится импортировать. Это значительно повышает стоимость машины и риски срыва сроков поставок.

Для решения этой проблемы были спроектированы новые ступицы, диски и другие элементы вальца, которые изготавливают путем резки и сварки листового металла и труб. Это значительно удешевляет производство и обеспечивает его локализацию.

В результате модернизации появился вибровозбудитель с двумя режимами работы – при минимальной частоте и максимальном вынуждающем усилии и при максимальной частоте и минимальном вынуждающем усилии. Это обеспечивает более эффективное уплотнение дорожных покрытий, а также соответствует зарубежным аналогам.

Также нам удалось упростить конструкцию базовой машины, снизить расходы на изготовление и довести технические характеристики до уровня импортных аналогов. Для завершения проекта модернизации вальца необходимо провести тепловой анализ для оценки температурных условий работы подшипниковых узлов, а также провести окончательный экономический расчет.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поставка новых катков DM-7,7-VD. Дорожное снабжение, 2021. URL: <https://abzsnab.ru/news/postavka-novogo-dvuxvalczovogo-katka-dm-7,7-vd-v-bashkortostan!!!.html>
2. Руководство по эксплуатации DM-10.00.000.00 РЭ – Каток вибрационный двухвальный DM-7,5-VD, DM-7,7-VD, DM-10-VD, DM-13-VD. 2018, 153 с.

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ВОЗМОЖНОСТЕЙ ВИБРАЦИОННЫХ КАТКОВ  
ПРИ УПЛОТНЕНИИ ГРУНТОВ**

**Д.А. Шорохов, И.С. Тюремнов**

Научный руководитель – **И.С. Тюремнов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В работе рассматривается обзор рекомендаций производителей вибрационных катков и обоснована актуальность создания методики расчета влияния характеристик вибрационных катков на результаты уплотнения грунта в конкретных условиях.*

***Ключевые слова:** грунтовый каток, рекомендации, глубина уплотнения, вынуждающая сила, частота колебаний, грунт, уплотнение.*

**FORECASTING THE TECHNOLOGICAL CAPABILITIES  
OF VIBRATION ROLLERS WHEN COMPACTING SOILS**

**D.A. Shorohov, I.S. Tyuremnov**

Scientific Supervisor – **I.S. Tyuremnov**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The paper reviews the recommendations of manufacturers of vibration rollers and substantiates the relevance of creating a methodology for calculating the impact of the characteristics of vibration rollers on the results of soil compaction in specific conditions.*

***Keywords:** ground roller, recommendations, compaction depth, driving force, vibration frequency, ground, compaction.*

Уплотнение грунтов представляет собой механический процесс сближения частиц грунта, в результате которого уменьшается его пористость по сравнению с естественной и, как следствие этого, повышается его несущая способность.

Каждый объект строительства характеризуется своим сочетанием вида уплотняемого грунта, его влажности, толщины слоя, исходным и требуемым коэффициентом уплотнения. Количество вариантов сочетаний технических характеристик катков и условий производства работ очень велико. Кроме того,

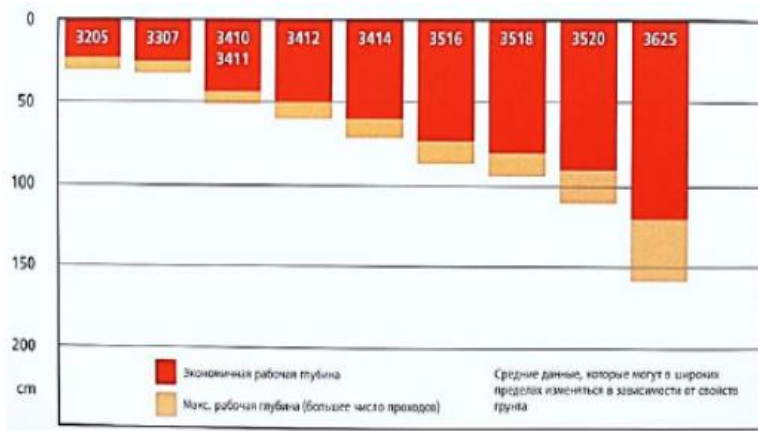
режим работы катка на объекте характеризуется рабочей скоростью, требуемым числом проходов и режимом управления вибрацией [1].

Объективные сложности изучения физико-механических свойств грунтов и процессов изменения их напряженно-деформированного состояния при уплотнении динамическими нагрузками привели к тому, что у исследователей и производителей вибрационных грунтовых катков на данный момент отсутствует единое мнение о требуемых технических характеристиках машин и режимах их работы в различных технических ситуациях [1, 2].

Самый крупный производитель на данный момент в РФ «Завод Дорожных Машин» не дает никаких рекомендаций по режимам работы и технологическим возможностям своих моделей вибрационных катков. Так же известный российский производитель вибрационных катков АО «РАСКАТ» для оценки технологических возможностей новой линейки своих вибрационных катков (серия RV) предлагают таблицу технологических возможностей [3].

На основании представленных сведений нельзя оценить ни достигаемый коэффициент уплотнения, ни требуемое для его достижения число проходов вибрационного катка.

Одним из ведущих мировых производителей вибрационных катков является фирма НАММ. При выборе того или иного катка НАММ предлагает воспользоваться диаграммами, показывающими возможности катков по уплотнению различных видов грунтов (рис.1).



**Рис. 1. Рекомендуемые толщина уплотнения песка, графия и щебня, различными моделями катков НАММ [4]**

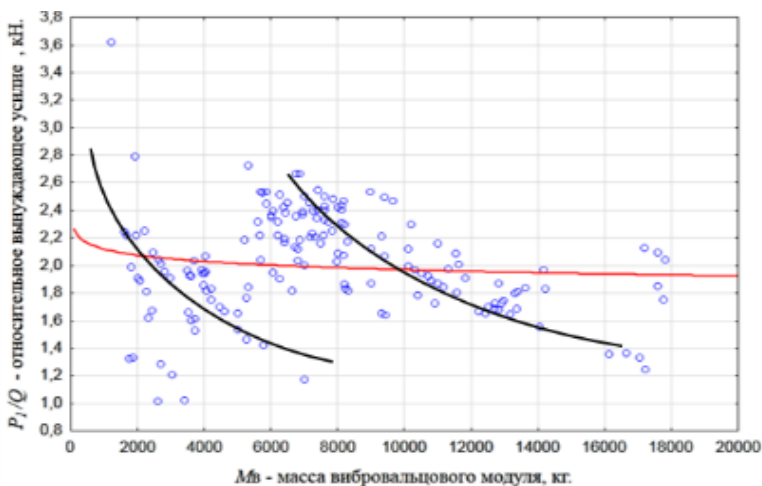
В рекомендациях НАММ, так же как и в рекомендациях других ведущих производителей, не указывается исходный и достигаемый коэффициент уплотнения грунта. Также НАММ указывает достаточно широкий диапазон требуемых для достижения плотности числа проходов (от 4 до 12), не давая



точного ответа по выбору требуемого числа проходов. Неизвестно и как изменится требуемое число проходов и достигаемый коэффициент уплотнения при изменении толщины уплотняемого слоя по сравнению с глубиной, представленной на гистограмме.

Для выявления зависимости между параметрами вибрационных катков был проведен статистический анализ машин, различных зарубежных и отечественных фирм-производителей. Статистический анализ и обработка проводились в программе Statistica 10.0. Было исследовано более 290 моделей вибрационных катков различных производителей для получения регрессионных зависимостей между основными параметрами катков.

Обратим внимание на график зависимости относительного вынуждающего усилия  $P_1/Q$  от массы вибровальцового модуля (рис. 2). На данных графиках просматриваются две гиперболы, что может говорить о том, что производители ищут оптимальные сочетания характеристик вибрационных катков, и единого мнения по данному вопросу пока нет.



**Рис. 2. График зависимости относительного вынуждающего усилия  $P_1/Q$  от массы вибровальцового модуля**

Анализ характеристик и рекомендаций по применению грунтовых вибрационных катков основных отечественных и зарубежных производителей показывает, что производители не предоставляют информацию для решения основных практически важных задач: обоснования выбора модели вибрационного катка для работы в различных технологических условиях; обоснования режима работы; назначения числа проходов для качественного уплотнения различных грунтов соответствующей моделью катка.

В настоящее время актуальна разработка методики расчета влияния характеристик вибрационных катков на эффективность уплотнения грунта в конкретных условиях. Разработкой такой методики занимаются на кафедре «Строительные и дорожные машины» Ярославского государственного технического университета. Данная методика реализована в виде программного комплекса «Katki 2.0» [5]. Однако данный программный комплекс имеет недостатки, заложенные в математическую модель: упрощенную реологическую модель и невозможность учета отрывных режимов работы вибровальца катка.

Таким образом, актуальна задача модернизации математической модели уплотнения с учетом отрывных режимов работы вибрационного катка.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тюремнов И.С.* Оценка уплотняющей способности вибрационных катков при уплотнении грунтов / И.С. Тюремнов, А.А. Игнатьев // Мир дорог. 2012. № 61 (май). С. 86–89.
2. *Тюремнов И.С.* Режимы работы вибрационных катков / И.С. Тюремнов, А.А. Игнатьев // Мир дорог. 2012. № 60 (апрель). С. 78–80.
3. Грунтовые катки «РАСКАТ». URL: <http://oao-raskat.ru/wpcontent/uploads/Gruntovue-RV.pdf>
4. Уплотнение асфальтобетона и грунта. НАММ AG D02 03.2011 212 4832, 2011, 142 с.
5. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2012618683. Программный комплекс «Katki» (Katki) / Тюремнов И.С., Игнатьев А.А., Попов Ю.Г.

**УЧЕБНАЯ МОБИЛЬНАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ  
ПЛАТФОРМА «СТУДЕНТ»**

**Д.А. Шорохов, И.С. Тюремнов**

Научный руководитель – **И.С. Тюремнов**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*В работе приведено описание конструкции многофункциональной роботизированной платформы, описан принцип её работы. Рассмотрены отличительные особенности и варианты применения разработанной конструкции.*

**Ключевые слова:** платформа роботизированная, манипулятор, колесо Илона, проектирование.

**EDUCATIONAL MOBILE ROBOTIC  
PLATFORM «STUDENT»**

**D.A. Shorohov, I.S. Tyuremnov**

Научный руководитель – **I.S. Tyuremnov**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The work describes the design of the multifunctional robotic platform and describes the principle of its operation. The distinctive features and applications of the developed design are considered.*

**Keywords:** robotic platform, manipulator, Elon wheel, design.

В условиях динамического меняющегося окружения предполагается, что роботизация и автоматизация является одним из основных направлений совершенствования современных машин и оборудования.

На сегодняшний день существует множество видов роботов. Одни из самых популярных – это мобильные роботизированные платформы и комплексы.

В высших учебных заведениях в сфере дорожно-строительного машиностроения, мобильные роботизированные платформы и комплексы все чаще используются для отработки методик проектирования, сборки, написания ал-

горитмов и программ управления при разработке современной роботизированной дорожно-строительной техники.

В данной работе представлена многофункциональная роботизированная платформа «СТУДЕНТ». Платформа была спроектирована с целью: выполнения различных учебных задач и отработки навыков проектирования подобного оборудования; управления движением платформы и манипулятора по различным каналам связи; обучения написанию программного кода для выполнения различных задач и моделированию его реализации; изготовления прототипа, его сборки и испытаний для дальнейшей модернизации.

Роботизированный комплекс «СТУДЕНТ» (рис. 1) содержит платформу, обеспечивающую мобильность, манипулятор для перемещения полезного груза массой до 2 кг, системы управления и энергообеспечения, а также передачи изображения на очки виртуальной реальности.



**Рис. 1. Полностью собранная роботизированная платформа «СТУДЕНТ» [1]**

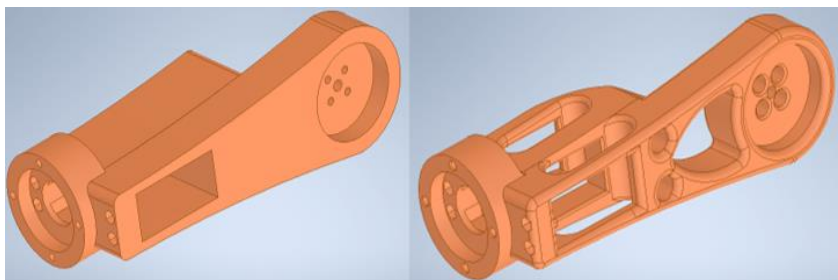
Передвижение платформы осуществляется колёсами «Илона», что позволяет не только снизить массу платформы и её энергопотребление, но и также существенно улучшить маневренность и возможности по управлению движением платформы, недостижимые при использовании традиционных колесных и гусеничных движителей. Привод каждого колеса осуществляется от двигателя постоянного тока со встроенным планетарным редуктором. Это обеспечивает сохранение номинального крутящего момента на колесах в широком диапазоне скоростей передвижения от 0 до 0,5 м/с, независимо от направления движения.

Управление данной платформой может осуществляться через различные каналы связи, такие как дистанционное управление по радиоканалу на частоте 2,54 Гц, управление через смартфон при помощи WI-FI или Bluetooth модулей. Каждое колесо роботизированной платформы имеет свой независимый привод, благодаря этому есть возможность установить не только колесное

шасси, но и 4-х гусеничное. Платформа разработана таким образом, чтобы можно в качестве платы управления использовать не только микроконтроллеры на базе Arduino UNO/MEGA, но микроконтроллеры с более широкими функциональными возможностями, например, STM32 и др. В конструкцию роботизированной платформы и в архитектуре системе управления заложены возможности подключения дополнительного оборудования (датчиков, камер, и др.) без ущерба для выполнения базовых функций управления платформой и манипулятором.

Манипулятор состоит из опорно-поворотного устройства, стрелы, рукояти и захватного устройства с возможностью ротации. Привод и усилие схвата обеспечивается от серводвигателя через зубчатое зацепление. Привод рукояти и стрелы обеспечивается серводвигателями с углом поворотом  $\pm 120^\circ$ , оснащенными механическими ограничителями и встроенными энкодерами.

При проектировании стрелы и рукояти была произведена оптимизация геометрии методом генеративного дизайна при помощи программного инструмента «Генератора форм» из пакета Inventor Pro 2020 CAD. В процессе расчёта, после указания места неизменяемых элементов, закрепления изделия и приложения нагрузок, были выявлены слабые места конструкций. В результате была получена модернизированная форма стрелы и рукояти. Масса стрелы при этом уменьшилась на 17%, а рукояти на 37% с сохранением требуемых параметров прочности всей конструкции (рис. 2).



**Рис. 2. Пример оптимизации существующей конструкции рукояти при помощи метода генеративного дизайна**

Корпус платформы, опорно-поворотное устройство и звенья манипулятора, а также хват спроектированы с возможностью печати на широкоформатном 3D-принтере [1]. Печать всех компонентов платформы и манипулятора выполнена из феломента PETG [3], обладающего требуемым сочетанием прочности и упругости, устойчивости к действию ультрафиолета и сравнительно невысокой стоимостью.

Таким образом, в данной работе была разработана конструкция мобильной роботизированной платформы «СТУДЕНТ», для учебных целей и разви-

тия у студентов и школьников навыков конструирования мобильных роботизированных платформ. Были выполнены соответствующие проектные и прочностные расчеты. Все детали были спроектированы под технологию 3D-печати с учетом усадки феломента после печати и, затем, напечатаны. Далее была произведена поузловая (рис. 3) и полная (см. рис. 1) сборка.



**Рис. 3. Сборка роботизированной платформы**

На данный момент проводится тестирование и отладка подключённых компонентов и управляющей программы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шорохов Д.А.* Учебная мобильная роботизированная колесная платформа «студент» / Д.А. Шорохов, И.С. Тюремнов // Семьдесят третья всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с междунар. участием. 20 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 2 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]. Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2020. С. 412 с. 1 CD-ROM
2. Effects of part build orientations on fatigue behavior of FDM-processed PLA material / Mst Faujiya Afrose, S.H. Masood, Pio Iovenitti, Mostafa Nikzad, Igor Sbarski // 2018-143 с.
3. *Строганов Р.* 3D печать, коротко и максимально ясно. 2018 (Little Tiny HBookg). URL: <https://3dtoday.ru/upload/files/books/3Dprintbook.pdf> (Дата обращения 07.02.2020).

## **ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНОГО ПОЛОЖЕНИЯ ГИДРОЦИЛИНДРА И ПРОУШИН КОВША С БОКОВОЙ РАЗГРУЗКОЙ**

**А.Д. Марченков, Н.Е. Тарасова**

Научный руководитель – **Н.Е. Тарасова**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается оборудование фронтального погрузчика с ковшом боковой разгрузки. Описаны основные расчетные положения и определено рациональное положение креплений ковша.*

**Ключевые слова:** *одноковшовый фронтальный погрузчик, ковш, боковая разгрузка, гидроцилиндр.*

## **CHOICE OF RATIONAL POSITION OF THE HYDRAULIC CYLINDER AND BUCKET EYE WITH SIDE DISCHARGE**

**A.D. Marchenkov, N.E. Tarasova**

Scientific Supervisor – **N.E. Tarasova**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The equipment of a front loader with a side dump bucket is considered. The main design positions are described, and the rational position of the bucket mounts is determined.*

**Keywords:** *single-bucket front-end loader, bucket, side unloading, hydraulic cylinder.*

Одноковшовые фронтальные погрузчики широко используются при выполнении земляных работ и работ по содержанию дорог. Одним из вариантов модернизации погрузчиков является оснащение их ковшом с боковой разгрузкой. Такой ковш используется при погрузке грунта в машину в стесненных условиях, когда для разворота погрузчика мало места, а также для засыпки траншей при движении погрузчика вдоль траншей.

По утверждению компаний производителей, машины, которые оснащаются традиционными ковшами, затрачивают на погрузочно-разгрузочный цикл гораздо больше времени, которое планируется сократить с началом использования ковшей с боковой разгрузкой на 15–20 процентов.

Анализ существующих конструкций погрузчика с боковой разгрузки и литературы по расчетам основных параметров погрузчиков [1, 2] показал, что

единого подхода к определению положения гидроцилиндра и места установки проушины не существует. Была поставлена задача проанализировать расположения гидроцилиндра для раскрытия ковша боковой разгрузки, выявить наиболее опасные расчетные положения и определить оптимальное по затратам усилий расположение гидроцилиндра.

Рассмотрев практически все представленные на российском рынке модели ковшей боковой разгрузки различных компаний, были сделаны следующие выводы:

1) для работы ковша необходимо, чтобы гидроцилиндр и проушина крепления ковша располагались в параллельных плоскостях;

2) возможны три различных способа расположения гидроцилиндра и проушины (табл. 1).

Анализ показал, что вторая схема расположения гидроцилиндра неработоспособная, так как при открытии ковша гидроцилиндр создает момент, направленный в противоположенном направлении от поворота ковша, и ковш останется неподвижен и не раскроется.

Для первой и третьей схемы расположения гидроцилиндра были выявлены следующие опасные расчетные положения, которые могут встречаться при работе с ковшом боковой разгрузки:

1) Ковш боковой разгрузки в момент загрузки и разгрузки материала.

а) Ковш боковой разгрузки закрыт, стрела погрузчика в нижнем положении. Производится загрузка материала в ковш. Силы, действующие на проушины поворота ковша, равны нулю. Ковш боковой разгрузки находится в закрытом положении и опирается на опорные пластины рамы. Во время забора грунта, на кромку ковша действуют силы сопротивления грунта.

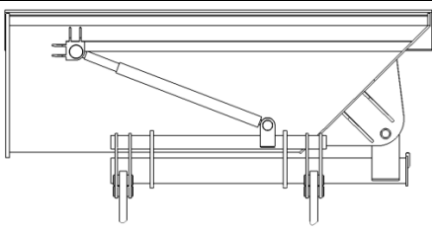
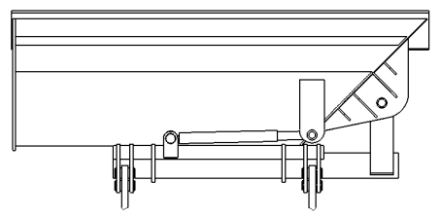
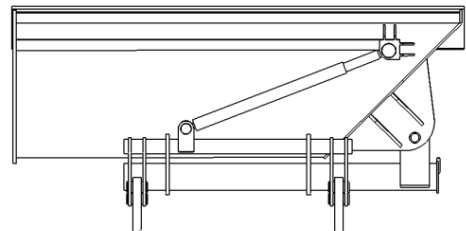
б) Ковш боковой разгрузки в начале открытия (шток гидроцилиндр начинает выдвигания). Силы, действующие на проушины поворота ковша максимальны в данном положении. Вес ковша и максимальный разрешенный вес груза действуют на проушины поворота ковша и палец крепления к раме. На проушины крепления гидроцилиндра к ковшу действует максимальное усилие гидроцилиндра.

в) Ковш боковой разгрузки в среднем открытом положении (шток гидроцилиндр выдвинут на 50%). Вес ковша и вес груза действуют на проушины поворота ковша и палец крепления к раме.

г) Ковш боковой разгрузки в максимальном открытом положении (шток гидроцилиндр выдвинут на максимальную длину). Вес ковша и остаточный вес груза действуют на проушины поворота ковша и палец крепления к раме.



Таблица 1. Способы крепления гидроцилиндра ковша

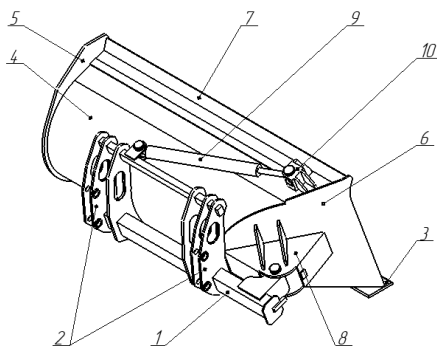
1		<p>Гидроцилиндр располагается в противоположном направлении открытия ковша боковой разгрузки.</p>
2		<p>Гидроцилиндр располагается по ходу движения открытия ковша боковой разгрузки, ниже пальца крепления ковша к направляющей раме.</p>
3		<p>Гидроцилиндр располагается по ходу движения открытия ковша боковой разгрузки, выше пальца крепления ковша к направляющей раме.</p>

2) Ковш боковой разгрузки в положении разработки поверхности грунта, стрела фронтального погрузчика в нижнем положении.

а) Ковш боковой разгрузки открыт на максимальный угол, стрела погрузчика в нижнем положении. Производится разработка поверхности грунта. Силы, действующие на проушины поворота ковша, максимальны в данном положении. Вес ковша и 0,4 веса груза действуют на проушины поворота ковша и палец крепления к раме. Во время разработки грунта, на 2/3 кромки ковша действует силы сопротивления грунта.

Проведенный расчет усилий в гидроцилиндре в данных расчетных положениях показал, что третья схема крепления гидроцилиндра к ковшу является оптимальной по величине толкающего усилия по сравнению с первой схемой расположения гидроцилиндра.

На основании проведенных расчетов была спроектирована конструкция ковша с боковой разгрузкой (рис. 1).



**Рис. 1. Ковш с боковой разгрузкой:**

- 1 – направляющая рама; 2 – крепление (пластина) рамы к стреле;
- 3 – нож; 4, 5, 6 – задняя, левая и правая стенки ковша;
- 7 – защитный козырек; 8 – проушина поворота ковша;
- 9 – гидроцилиндр; 10 – проушина крепление гидроцилиндра к ковшу

Разработанный ковш с боковой разгрузкой (см. рис. 1) присоединен к стреле с помощью навески, выполненной в виде направляющая рамы 1 с крепежными пластинами 2. Ковш содержит днище с режущей кромкой, заднюю 4, левую 5 и правую 6 стенки, защитный козырек 7 и нож 3. Корпус ковша соединен с направляющая рамой 1 посредством проушины поворота ковша 8, которая позволяет ему открываться на угол  $82^\circ$ , и гидроцилиндром 9 управления наклоном ковша в сторону разгрузки. В свою очередь, гидроцилиндр 9 соединен с ковшом с помощью проушины 10.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Педоряка М.В. Выбор и расчет основных параметров ковша с боковой разгрузкой / М.В. Педоряка, М.Н. Балака // Транспортные и транспортно-технологические системы: сб. тр. конф. Тюмень: Изд-во Тюменского индустриального ун-та, 2016. С. 233–237. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25804108>
2. Бородачев И.П. Справочник конструктора дорожных машин / под ред. д-ра техн. наук проф. И.П. Бородачева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1973. 504 с.

## К ВОПРОСУ О СОДЕРЖАНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД

**А.С. Кусмарцев, Д.И. Трошин**

Научный руководитель – **Д.И. Трошин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается актуальная проблема очистки автомобильных дорог и тротуаров от наледи и уплотненного снега.*

**Ключевые слова:** наледь, снег, фреза, оборудование, покрытие.

## TO QUESTION OF THE MAINTENANCE OF ROADS IN WINTER PERIOD

**A.S. Kusmartsev, D.I. Troshin**

Scientific Supervisor - **D.I. Troshin**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The actual problem of cleaning roads and sidewalks from ice and compacted snow is considered.*

**Keywords:** ice, snow, milling cutter, equipment, coating.

В зимний период одной из основных проблем современных городов, является проблема образования наледи и уплотнённого снега на автомобильных дорожных покрытиях и тротуарах.

С ростом интенсивности движения на дорогах повышаются и требования к основным транспортно-эксплуатационным показателям, а именно обеспеченной стабильной скорости, непрерывности и безопасности движения. Обеспечение этих требований особенно актуально в зимний период, когда под воздействием погодных факторов ухудшаются сцепные качества дорожного покрытия.

Количество дорожно-транспортных происшествий на полностью или частично покрытом снегом или льдом дорожном покрытии в 1,5–4,5 раза больше, чем на чистом сухом покрытии. Высокая аварийность является серьёзной проблемой для дорог России, на которых ежегодно в дорожно-транспортных происшествиях погибает около 30 тыс. человек.

Резкое понижение температуры, значительное количество снежных осадков, несвоевременная и некачественная уборка приводят к образованию наледей и уплотненного снега шириной до 0,5–1,5 м и высотой до 0,15–0,25 м (рис. 1).



**Рис. 1. Образование наледи и уплотненного снега**

Были проведены исследования таких снежно-ледяных образований, которые показали, что их структура неоднородна, в составе наледей и уплотненного снега практически всегда имеются примеси из песка и других твердых веществ. В связи с этим удаление становится технически сложной задачей.

Существует несколько различных способов борьбы с наледями и уплотненным снегом, которые различаются по эффективности, стоимости и влиянию на экологию. Одним из таких способов является очистка снежно-ледяных образований с помощью химических реагентов, достоинством данного метода является низкая себестоимость, однако большой минус – это ухудшение экологического состояния придорожной территории.

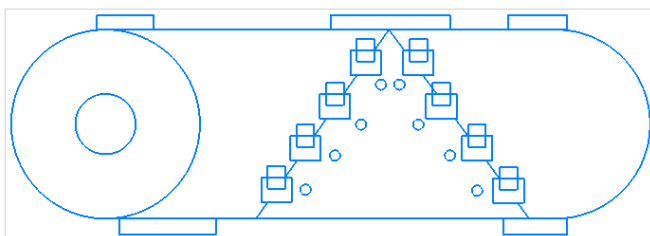
Известен способ удаления снежного наката с дорог и тротуаров при помощи нагрева из газоструйных машин. Большим недостатком данного способа

– это его огромные экономические затраты, очистка таким способом применяется только на аэдромах.

Фрикционный метод является одним из основных по приданию шероховатости снежно-ледяным образованиям. Наиболее распространенным материалом является песок. Главным преимуществом является простота данного способа, однако есть и ряд недостатков, таких как загрязнение и запыленность придорожной территории, так же рассыпанный песок надолго не удерживается на дорожном покрытии, поэтому требуется распределять песок по несколько раз в день.

Наиболее экономичным, технологически простым в применении и экологически чистым является механический способ. Но актуальная проблема содержания автодорог в зимний период, это отсутствие, как таковой, спецтехники, сосредоточенной конкретно на уборке наледи и уплотненного снега. Существует самый простой механический способ уборки этих образований, это те самые ломы, лопаты и молотки, подкрепленные человеческим силовым трудом. Но они не способны достаточно эффективно и своевременно разрушать снежно-ледяные образования в силу их высокой прочности и конструктивной непригодности рабочего оборудования.

Проанализировав множество различных способов очистки дорог и тротуаров от наледи, было предложено экспериментальное навесное фрезерное оборудование для уборки снежно-ледяных образований с дорог и тротуаров (рис. 2).



**Рис. 2.** Схема экспериментального фрезерного барабана

Навесное оборудование может монтироваться в сборке с рамой на мотоблок или малогабаритный трактор как показано на рис. 3. Фреза соответствует требованиям безопасности, не наносит вред окружающей среде. Ножи, расположенные на барабане рабочего органа, спроектированы так, чтобы не повреждать полотно дорожного покрытия, но при этом удалять слой льда и уплотненного снега. Данная особенность позволяет базовой машине работать на высоких скоростях, тем самым повышая ее производительность.



**Рис. 3. Мотоблок с рамой рабочего оборудования**

Данное фрезерное оборудование, может позволить добиться качественного содержания автомобильных дорог и пешеходной зоны в зимнее время. Оборудование можно применять не только в городских условиях, но и на автомагистралях. Спроектированное оборудование поможет сократить затраты ресурсов на очистку улиц, а также затраты человеко-часов, так как для очистки наледи до сих пор используют ручной труд.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бялобжевский Г.В.* Борьба с зимней скользкостью на автомобильных дорогах. М.: Транспорт, 1975. 175 с.
2. *Зеленин А.Н.* Основы разрушения грунтов механическим способом. М.: Машиностроение, 1968. 376 с.
3. *Алимов Д.Д.* Опыт использования баровых машин для резания льда / Д.Д. Алимов, И.Г. Басов, Ф.Ф. Зелингер // Строительные и дорожные машины, 1969. №2, С. 11.
4. *Абергауз В.Д.* Режущие органы машин фрезерного типа для разработки горных пород и грунтов. М.: Машиностроение, 1965. 280 с.
5. Автомобильные дороги России на рубеже веков. Цифры и факты / Рос. дор. агентство. М., 2000.

## **ОСОБЕННОСТИ УСТАНОВКИ ВИНТОВЫХ СВАЙ ПРИ ПОМОЩИ МАЛОГАБАРИТНОЙ ТЕХНИКИ**

**И.М. Камнев, Д.И. Трошин**

Научный руководитель - **Д.И. Трошин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается базовая машина, потенциал которой не раскрыт полностью. Существует метод модернизации с целью повышения области работы данного типа техники и экономии денежных средств.*

***Ключевые слова:** буровая установка, малогабаритная техника, строительная техника.*

## **FEATURES OF INSTALLATION OF SCREW PILES WITH THE HELP OF SMALL-SIZED EQUIPMENT**

**I.M. Kamnev, D.I. Troshin**

Scientific Supervisor - **D. I. Troshin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The basic machine is considered, the potential of which is not fully disclosed. There is a method of modernization in order to improve the performance of this type of equipment and save money.*

***Keywords:** drilling rig, small-sized equipment, construction equipment.*

Когда участок для строительства расположен на нестабильном грунте, особой популярностью пользуется фундамент на винтовых сваях. Он является отличной основой для некрупных строений: небольшой дачи, малоэтажного дома, беседки, террасы, сарая, пристройки к коттеджу.

Такая конструкция базируется на завинченных в землю металлических стержнях – сваях. Они передают нагрузку от дома на грунт. При вкручивании они не разрыхляют почву, а, наоборот, придают ей плотность. Но устойчивость возведенного сооружения напрямую зависит от качества монтажа.

## Преимущества использования мини-экскаватора

Для максимально точного и быстрого монтажа свай применяют технику со специальным навесным оборудованием – ямобуром. Это миниатюрная буровая установка, которая может крепиться на мини-экскаватор (рис.1).

Использование экскаватора с буром обеспечивает огромные преимущества:

- высокая скорость установки;
- малые габариты и высокая маневренность;
- мини-экскаватор на резиновых гусеницах может эксплуатироваться на любом грунте, в любую погоду, независимо от времени года [1].



Рис. 1. Мини экскаватор с буровым оборудованием [2]

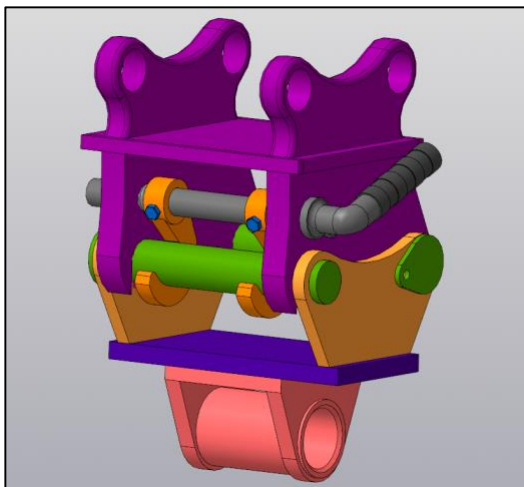
Ввиду рассмотренных выше преимуществ данного типа техники, было принято решение о модернизации существующих машин. Базовой машиной является мини экскаватор Komatsu PC-09 (рис. 2). Для расширения области применения, а именно возможности установить буровое оборудование, было разработано быстросъёмное устройство (рис. 3).





**Рис. 2. Экскаватор Komatsu PC-09 [3]**

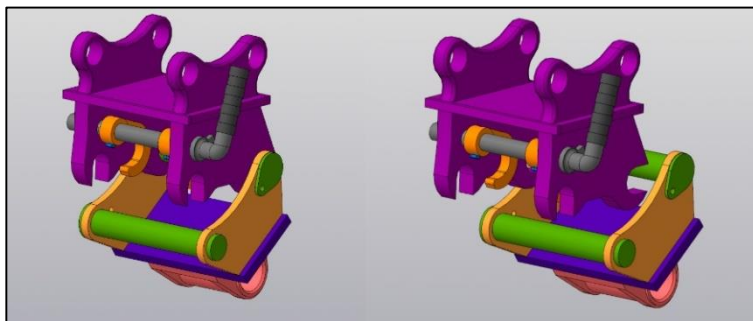
Для обеспечения быстрой смены оборудования будем использовать «ручной» способ фиксации, так как сменное оборудование будет соответствовать габаритам.



**Рис. 3. БСУ для Komatsu PC-09**

Данное оборудование представляет собой быстросъемное устройство, с механизмом фиксации и адаптер, предназначенный для установки дополнительного оборудования, в частности буровой установки.

Смена рабочего оборудования осуществляется за счёт ручной силы. При помощи специальной рукояти крюки-держатели выводятся из зацепления с пальцами навесного оборудования. После того, как первый палец был выведен из зацепления, он может быть спокойно извлечён из БСУ, с последующим снятием навесного оборудования (рис. 4).



**Рис. 4. Снятие навесного оборудования**

В результате, была рассмотрена особенность использования бурового оборудования на малогабаритной технике, а также была приведена разработка, которая способна не только снабдить экскаватор Komatsu PC-09 буровым устройством, но и возможность устанавливать любое сменное оборудование, что увеличит технологические возможности базовой машины.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. FUNDAMENT-SPB24. URL: <https://fundament-spb24.ru/blog/montazh-vintovykh-svaj-mini-eksikatorom>
2. «ООО Мастер Марио». URL: <https://tyumen.mastermario.ru/production/arenda-spetctekhniki/arenda-iamoburov/>
3. URL: <https://yahoo.aleadu.ru/lot?auctionID=f353572122>

## О ВИБРОПЛОЩАДКЕ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЯ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

**А.В. Яковлев, А.С. Морев**

Научный руководитель – **А.С. Морев**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается виброплощадка виброударного типа, а также выявление недостатков конструкции и эксплуатации данной виброплощадки при уплотнении бетонных смесей.*

**Ключевые слова:** виброплощадка, бетон, вынуждающее усилие, бетонная смесь, уплотнение бетона.

## ABOUT THE VIBRATION PLATFORM FOR COMPACTING CONCRETE MIXES

**A.V. Yakovlev, A.S. Morev**

Scientific Supervisor - **A.S. Morev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article considers the vibration platform of the vibration-impact type, as well as identifying the shortcomings of the design and operation of this vibration platform when compacting concrete mixtures.*

**Keywords:** vibration platform, concrete, forcing force, concrete mix, concrete compaction.

В промышленности сборных железобетонных и бетонных конструкций и изделий наибольшее распространение получило динамическое вибрационное формование бетонных смесей. Оно происходит под действием инерционных сил, возникающих при вибрации бетонной смеси и действующих на ее частицы. В процессе вибрационного формования разрушаются первоначально возникшие связи между частицами бетонной смеси, удаляется из смеси воздух, частицы смеси максимально сближаются между собой и ее плотность возрастает в 1,6–1,65 раза по сравнению с первоначальной.

На заводах большое распространение получил метод объемного вибрационного формования изделий с помощью виброплощадок, предназначенных для установки на них форм с бетоном и передачи формам колебаний для

уплотнения бетонной смеси. А также целесообразно применять объемное уплотнение на виброплощадках с пригрузом, благодаря чему повышается качество уплотнения смеси и обеспечивается получение более ровной поверхности изделий. Величина пригруза назначается в зависимости от свойств смеси. На заводах и полигонах применяют следующие виды пригрузов: статический, представляющий собой металлический щит требуемой массы; вибрационный, состоящий из щита с укрепленными на нем вибраторами или дебалансными валами с приводом; рычажные — в виде щита, прижимаемого к поверхности смеси несколькими парами неравноплечих рычагов с грузами; пневматический, состоящий из двух легких щитов и резиновых баллонов, расположенных между ними; вибропневматический, представляющий собой пневматический пригруз, на нижнем щите которого установлены вибраторы или приводной вибривал.

По форме колебаний виброплощадки подразделяются на машины с гармоническими, бигармоническими, поличастотными и пространственными колебаниями. Наибольшее распространение получили машины с гармоническими колебаниями и ударно-вибрационные. Второй тип машин позволяет формировать изделия из бетонных смесей малой подвижностью и жёстких.

Ежегодно бетонная промышленность исследуется и модернизируется для получения продукции из бетона с лучшими свойствами и возведения более надежных инфраструктур.

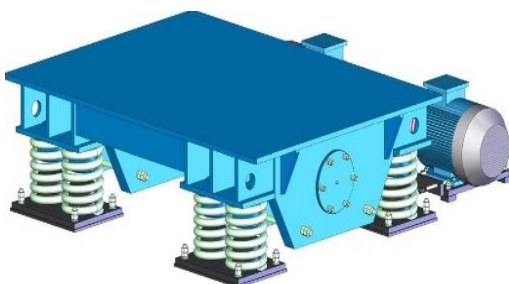
На сегодняшний день исследованиями процессов уплотнения бетонной смеси в форме занимаются многие ученые, постоянно получая новые конструкции виброплощадок и новые более рациональные режимы уплотнения смеси [1, 5]. А также выявляются недостатки существующих виброплощадок [2].

В связи с этим требуется изучение процессов уплотнения бетонных смесей, а именно зависимость реологических и технологических свойств смеси от используемых заполнителей, добавок, вяжущего вещества, их количества и вибрационных нагрузок при уплотнении смеси.

Вибрационные нагрузки зависят от вынуждающего усилия, вырабатываемого вибрационной установкой. Регулировка вынуждающего усилия позволяет получать изделия с различными характеристиками.

В ударно-вибрационных виброплощадках (рис. 1) при формировании изделия уплотнение бетонной смеси происходит в результате соударения формы с вибровозбудителем через резиновые ограничители. Ударный эффект при этом определяется величиной; вынуждающей силы, жесткостью резиновых прокладок и зависит от способа опирания формы.

Преимуществами данного типа виброплощадок в отличие от других являются то, что уровень шумов и вибраций фундамента, возникающих при работе машины, не превышает санитарных норм [2].



**Рис. 1. Виброплощадка виброударного типа**

Существующие виброплощадки имеют ряд недостатков. Основным недостатком таких машин является несинхронность ударов отдельных вибростолов. Вследствие этого не обеспечивается периодический режим движения формы, а в ее металлоконструкции возникают высокие динамические нагрузки, которые могут привести к поломке форм [2].

Следующий недостаток также приводит к поломке форм и снижению долговечности элементов виброплощадки из-за создания резонансной частоты при остановке машины [3, 4].

Данные недостатки возможно исследовать при проектировании нового стенда виброударной площадки (рис. 2). Предполагается, что недостаток, связанный с несинхронностью ударов отдельных вибростолов возможно исправить их принудительным соединением между собой, что также приводит к жесткости виброплатформы и синхронностью вращения дебалансов.



**Рис. 2. Экспериментальный стенд виброударной виброплощадки**

А установка частотных преобразователей для управления частотой вращения электродвигателей привода валов дебалансов позволит устранить проблемы, связанные с возникновением резонансных частот при торможении электродвигателей, а также позволяет получить возможность бесступенчатого

регулирования вынуждающего усилия виброплощадки в широком частотном диапазоне.

Таким образом, разработка экспериментального стенда виброплощадки позволит в дальнейшем проводить исследования процессов уплотнения бетонных смесей при различных вынуждающих усилиях и выявить наилучшие режимы работы виброплощадок для получения изделий из бетона различных характеристик в зависимости от назначения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васильев В.Г.* Анализ конструкций виброплощадок с многокомпонентными колебаниями для формирования железобетонных изделий // Актуальные проблемы развития дорожного комплекса: Материалы междунар. науч.-практ. конф., посвященной 20-летию кафедры подъемно-транспортных и дорожных машин БГТУ им. В.Г. Шухова. Белгород: Белгородский гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова, 2016. С. 8–13.
2. *Матмуродов Ф.М.* Анализ преимущества и недостатки разных виброплощадок / Ф.М. Матмуродов, Т. Юлдашев, Б. Уразалиев // Современные тенденции развития аграрного комплекса / Ташкентский филиал Рос. гос. ун-та нефти и газа им. И.М. Губкина. Ташкент, Республика Узбекистан. 2016. С. 1304–1307.
3. Динамическое торможение инерционных вибраторов виброплощадок для уплотнения бетонных смесей / Д.В. Фурманов, А.В. Барулев, Н.Е. Тарасова, Е.К. Чабуткин. // Вестник СибАДИ. 2004. 2019. С. 138.
4. Пат. 2233738 РФ В 28 В 1/087. Виброплощадка с изменяемой амплитудой колебаний / А.В. Баскаков, К.С. Галицков, С.Я. Галицков. опубл. 10.08.2004
5. Пат. 2051790 РФ В 28 В 1/08 Резонансная виброплощадка для уплотнения бетонных смесей в форме / Б.Ф. Терехов, С.Н. Захарченко, А.Ф. Терехов. опубл. 10.01.1996

## КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ПРИЦЕПНОГО ПНЕВМОКОЛЁСНОГО КАТКА

**В.Р. Белов, Е.К. Чабуткин**

Научный руководитель - **Е.К. Чабуткин**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Пневматические катки возможно использовать для уплотнения различных дорожно-строительных материалов. Современные предприятия практически не выпускают прицепных пневмоколесных катков, которые могут использоваться для восстановления дорог 4–5 категорий. Предложенная конструкция обладает простотой. Используется большое количество стандартизованных комплектующих. Проведена проверка на надёжность основного элемента – опорной рамы.*

**Ключевые слова:** уплотнение, каток пневмоколесный прицепной, конструкция, прочность, деформации.

## DESIGN FEATURE OF A TRAILED PNEUMATIC-WHEELED ROLLER

**V.R. Belov, E.K. Chabutkin**

Scientific Supervisor - **E.K. Chabutkin**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Pneumatic rollers can be used to compact various road building materials. Modern enterprises practically do not produce trailed pneumatic wheeled rollers, which can be used to restore roads of 4-5 categories. The proposed design is simple. A large number of standardized components are used. The reliability of the main element - the support frame - has been checked.*

**Keywords:** compaction, pneumatic-wheeled trailed roller, construction, modeling, durability, deformations.

В наши дни происходит как активное строительство новых дорог, так содержание, и ремонт уже построенных и существующих. Как правило, с дорогами высших категорий, таких как федеральные магистрали и региональными, вопросов не возникает, поскольку на их ремонт и поддержание в надлежащем состоянии выделяются крупные средства, соответствующая техника

присутствует в парках многих ремонтных предприятий. Но на поддержку и ремонт дорог местного значения, таких как дороги между сёлами, деревнями, подъездные пути, средств обычно не хватает, и они пребывают в плачевном состоянии.

Дороги местного значения – это дороги в основном IV и V категории [1] облегченного типа. Их верхний слой выполнен из щебня, гравия и песка. Соответственно и ремонт этих дорог производится, в основном, профилированием имеющейся поверхности дороги и укреплением поверхности каменными материалами. Уплотнение песчано-гравийной отсыпки при этом на стадии ремонта не производится, а осуществляется за счет нагрузки от проезжающих транспортных средств. Такое положение дел приводит к повышенному износу на ранних стадиях после ремонтного периода и исходя из этого, быстрому разрушению дороги после проведённых ремонтных мероприятий.

Существенно увеличить ресурс дороги возможно путем предварительного уплотнения отсыпанного каменного материала. Однако аренда, и тем более покупка специализированной уплотняющей техники требует серьёзных финансовых вложений, на которые средств бюджета сельских поселений может не хватить. Решением данной проблемы может стать создание недорогого и простого пневмоколесного катка, использующего в своей конструкции стандартные детали от другой техники, имеющейся в наличии в муниципальных хозяйствах.

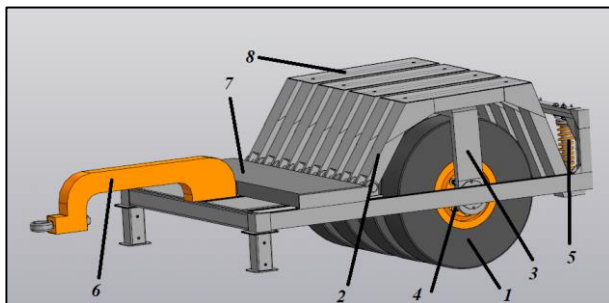
Катки на пневматических шинах являются универсальным средством уплотнения, нашедшим весьма широкое применение в дорожном строительстве. Для уплотнения песчано-гравийных материалов применяют прицепные и полуприцепные катки [2, 3].

На сегодняшний день пневмоколесные катки разрабатывают с возможностью регулировки нагрузки на колесо, и давления воздуха в шинах. Но при использовании данных машин для уплотнения вышеописанных дорог не требуется установка данных систем. Уплотнение производится за счёт нагрузки рабочего органа различным балластом, и перекачиванием его по уплотняемому дорожному полотну. Проводя сравнение данных машин с другими имеющимися, можно сделать вывод, что рассматриваемые катки являются наиболее простыми и наименее ресурсозатратными, но в то же время достаточно производительными. Проведенный анализ литературных источников показал, что повышение массы катка позволяет увеличить толщину уплотняемого слоя, а изменение давления воздуха в шинах оказывает незначительный эффект на качество уплотнения [4].

Прицепные статические катки на пневмоколесах относятся к простым и надёжным уплотняющим средствам и работают в сцепе с базовым тягачом.

При помощи программы КОМПАС-3D был спроектирован пневмоколесный каток, конструкция которого представлена на рис. 1.

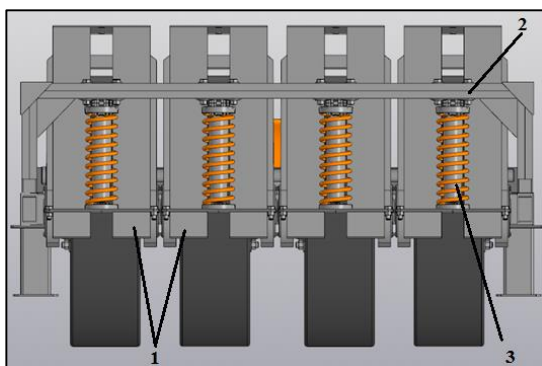




**Рис. 1. Конструкция катка**

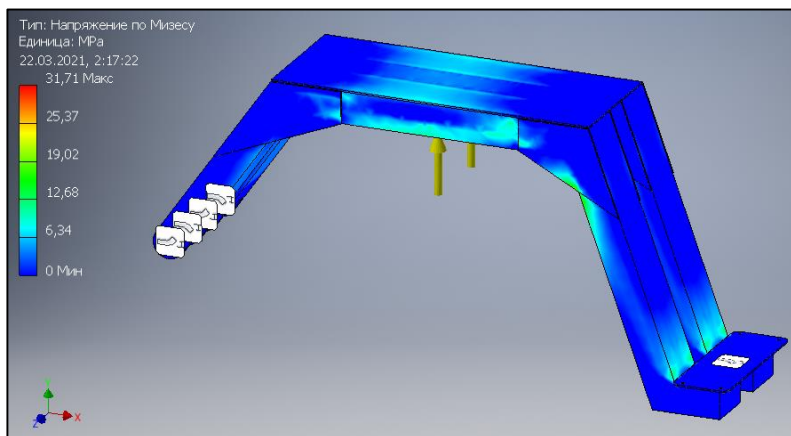
Он состоит из четырёх пневмошинных агрегатов 1, прикреплённых к коромыслу 2 при помощи П-образных вилок 3. Ступичный узел 4 выбран стандартным, что позволяет комплектовать конструкцию из имеющихся в наличии запасных частей. Пригруз рабочего органа катка разделен на две независимые части – общий, который может осуществляться при помощи бетонных плит 7, и отдельно на каждое колесо, например, при помощи песка, загружаемого в специальные ящики, устанавливаемые на площадках 8. Такое разделение пригруза позволяет повысить надежность работы пневмоколесных агрегатов при наезде на препятствия [4].

Каждый из пневмошинных агрегатов имеет независимую подвеску за счет возможности поворота коромысла относительно шарниров, расположенных на общей раме катка. При этом второй конец каждого коромысла 1 (рис. 2) крепится к задней арке рамы 2 через амортизаторы 3.

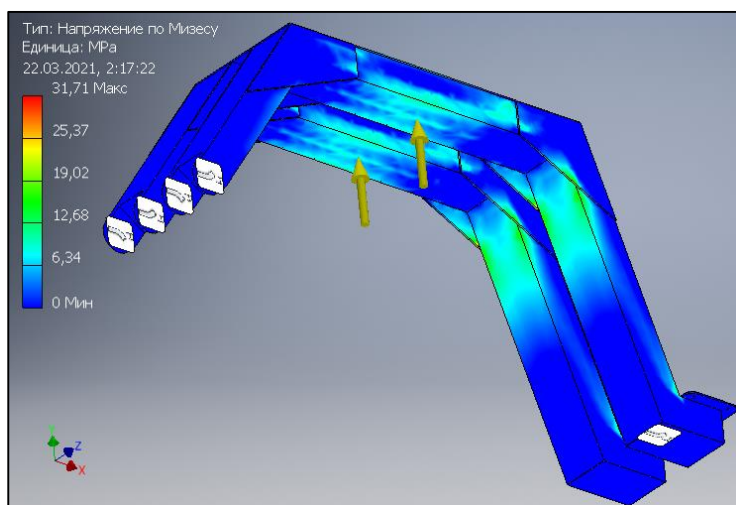


**Рис. 2. Задняя подвеска катка**

Также, при помощи программы Autodesk Inventor, была произведена проверка коромысла катка на деформации, в результате которой было подтверждено, что с назначенными нагрузками коромысло справляется (рис. 3, 4).



**Рис. 3. Проверка коромысла на деформации (вид сверху)**



**Рис. 4. Проверка коромысла на деформации (вид снизу)**

#### Заключение

Разработанный пневмоколесный каток может успешно применяться для ремонта второстепенных грунтовых и насыпных дорог, произведенная проверка показывает, что с заданными нагрузками конструкция справляется.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р52398-2005 Классификация автомобильных дорог. Основные параметры и требования. М.: Стандартинформ, 2006. 5 с.
2. Прогрессивные технологии капитального ремонта дорожных одежд / В.В. Мозговой, А.Е. Мерзликин, Л.А. Мозговая [и др.] // Дорожная техника: Каталог-справочник. СПб.: ООО Славутич, 2007. С. 126–139.
3. *Костельов М.П.* Инновации для высокого качества дорожных работ и объектов ЗАО «ВАД» / М.П. Костельов, Д.В. Пахаренко // Дорожная техника. 2009. С. 36–52.
4. Дорожные машины / Н.Я. Хархута [и др.]. М.: Машиностроение, 1968. 416 с.

## ОБЗОР НОВЫХ КОВШЕВЫХ ПОДЪЕМНИКОВ ДЛЯ ВИЛОЧНОГО ПОГРУЗЧИКА

**Д.В. Афонин, А.В. Шипин, Д.В. Фурманов**

Научный руководитель – **Д.В. Фурманов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье представлен обзор новых ковшевых подъемников, активно используемых на вилочных погрузчиках в качестве навесного оборудования. Разбор конструкции и описание опытного образца оборудования так же представлено в настоящей работе.*

**Ключевые слова:** ковшевой подъемник, гидравлический привод, навесное оборудование, вилочный погрузчик, быстросъемное устройство.

## OVERVIEW OF NEW BUCKET LIFTS FOR FORKLIFTS

**D.V. Afonin, A.V. Shipin, D.V. Furmanov**

Scientific Supervisor – **D.V. Furmanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article presents an overview of the new bucket lifts that are actively used on forklifts as attachments. Analysis of the design and description of the prototype equipment is also presented in this paper.*

**Keywords:** bucket lift, hydraulic drive, attachments, forklift, quick release device.

Вилочные погрузчики традиционно используются для транспортировки штучных грузов, однако, в последнее время, при использовании дополнительного оборудования, вилочные погрузчики активно используются для транспортировки сыпучих материалов. Это позволяет существенно повысить их унификацию и решить ряд технологических задач, возникающих на предприятиях.

Покупка дорогостоящих фронтальных погрузчиков для решения задач транспортировки сыпучих грузов зачастую нецелесообразно, так как большую часть времени они будут простаивать. Решением проблемы является дообору-

дование вилочного погрузчика дополнительным навесным устройством ковшевого исполнения.

Навесное оборудование вилочных погрузчиков в виде ковша для решения задач транспортирования сыпучих материалов широко используется в России и за рубежом. Типовые конструкции этих механизмов могут иметь свободно опрокидывающийся ковш [1], ковш, опрокидывающийся под действием инерционных сил [2] или с механическим приводом опрокидывания, а также ковш с гидравлическим приводом. В ряде случаев используется поворотный захват для вилочного погрузчика с возможностью опрокидывания рабочего органа [3].

Опрокидывающийся ковш необходим для разгрузки оборудования, особенно для случаев выгрузки в кузов автомобиля или контейнер. В этих случаях устройство опрокидывания оснащается гидроцилиндрами. Если разгрузка осуществляется на платформу или на пол, ковш может быть опорожнен механическим способом.

В ходе проектирования оборудования были учтены следующие исходные данные:

- требуемая грузоподъемность оборудования;
- фактическая грузоподъемность вилочного погрузчика;
- геометрическое расположение опорных поверхностей погрузчика и центра масс;
- рабочее давление в гидросистеме вилочного погрузчика и максимальный расход рабочей жидкости.

При проектировании данных ковшевых подъемников был произведен расчет на устойчивость. Это было необходимо в связи с увеличением опрокидывающего момента ввиду смещения центра тяжести груза к крайним зонам вил.

Группой молодых инженеров ЯГТУ разработаны и введены в эксплуатацию два вида ковшевых подъемников для вилочного погрузчика (рис. 1) с гидравлическим приводом опрокидывания, которые агрегируются с машиной, грузоподъемностью 5 тонн.

Так как в процессе эксплуатации предполагается транспортировка химически активных веществ, ковш и рама изготовлены из аустенитной нержавеющей стали.

Гидравлический привод опрокидывания ковша работает от гидропривода бокового перемещения вил. Такая возможность, к сожалению, имеется не на всех погрузчиках. Однако, учитывая незначительный объем работы для такого ковша, на производстве такой кареткой могут быть оснащены только один или два вилочных погрузчика.

Следует так же отметить, что при работе гидроцилиндров возможны режимы, при которых на штоках возникают попутные нагрузки. Для безопасного опрокидывания и возврата ковша в этих случаях были установлены дрос-

сели с обратными клапанами, которые подсоединяются к поршневой и штоковой полостям гидроцилиндров.



**Рис. 1. Опрокидывающиеся емкости вилочного погрузчика: контейнер: для соли (а) и для транспортировки отходов (б)**

Для удобства подключения ковша к гидросистеме погрузчика используются быстросъемные муфты. Рукава высокого давления с быстросъемными муфтами были установлены максимально близко к водительской двери вилочного погрузчика, что является удобным для быстрого монтажа.

Рама вилочного ковшевого оборудования является достаточно жесткой, в процессе движения и разгрузки не образуется перекосов, которые обычно возникают в результате неравномерного распределения груза в ковше.

Таким образом, представленные в обзоре ковшевые подъемники являются хорошо спроектированным и надежным оборудованием для вилочных погрузчиков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авторское свидетельство № SU 1652448 РФ, МПК E02F 3/40 (2006.01). Навесной ковш для вилочного погрузчика: № 4388491: заявл. 09.03.1988: опубл. 30.05.1991 / Каравкин В. М; заявитель Новокузнецкий металлургический комбинат. 4 с.
2. Авторское свидетельство № SU 973473 РФ, МПК B66F 9/12 (2006.01). Навесной ковшевой захват к вилочному погрузчику: № 3213749: заявл. 10.12.1980: опубл. 15.11.1982 / Грановский Ю. Я. 4 с.
3. Козлов Р. А. Патентное исследование вилочных погрузчиков // Научные горизонты. 2018. №4. С. 177–190.

## РЕАЛИЗАЦИЯ ПЛОТНОМЕРА НА БАЗЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО СЕНСОРНОГО ПАНЕЛЬНОГО КОНТРОЛЛЕРА

**О.В. Громова, А.С. Морев**

Научный руководитель – **А.С. Морев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье анализируются способы реализации плотномера на базе электроники. На основе изученных материалов выделены преимущества реализации плотномера на базе универсального сенсорного панельного контроллера.*

**Ключевые слова:** система контроля уплотнения, каток, промышленный контроллер, акселерометр, панель оператора.

## IMPLEMENTATION OF THE DENSITY METER BASED ON UNIVERSAL TOUCH PANEL CONTROLLER

**O.V. Gromova, A.S. Morev**

Scientific Supervisor - **A.S. Morev**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article analyzes the ways of implementing a density meter based on electronics. Based on the materials studied, the advantages of implementing a density meter based on a universal touch panel controller are highlighted.*

**Keywords:** compaction control system, roller, industrial controller, accelerometer, operator panel.

От качества работы современных дорожных катков во многом зависит долговечность дорожного покрытия. В последние годы развитие вибрационных катков идет быстрыми темпами вместе с ростом потребности в их работе. Грузовые автомобили становятся все тяжелее, напряженность движения увеличивается, и это оказывает на автомобильные дороги разрушающее воздействие. Чтобы грузоперевозки и пассажирское сообщение не прерывались, нужны новые дороги более высокого качества, а дорожно-ремонтные работы должны выполняться быстро и с высокой производительностью. Поэтому интеллектуальные системы контроля уплотнения получают все большее применение на дорожных катках. Производители уплотняющей техники уже около



40 лет разрабатывают (конечно, на базе электроники) и внедряют системы непрерывного контроля качества уплотнения материала [1].

Автоматические системы непрерывного контроля уплотнения позволяют значительно повысить производительность и качество работы катков, прежде всего, за счет предоставления возможности оператору постоянно в реальном времени контролировать ход процесса уплотнения и все важнейшие показатели работы катка. Исключаются лишние проходы катка, что ведет к уменьшению времени уплотнения и расхода топлива. Оператор своевременно предупреждается о вхождении вибровальца катка в опасные режимы работы, такие как козление и раскачка.

Наиболее простые системы подсчитывают число выполненных машиной проходов и измеряют степень уплотнения материала, значения отображаются на индикаторе.

Более совершенные системы выполняют три основные функции: измерение, геопозиционирование и анализ данных. Входящая в состав многих систем система геопозиционирования на базе GPS/ГЛОНАСС строит карты обрабатываемого участка с указанием количества сделанных машиной проходов, степени уплотнения и в случае уплотнения асфальта температур материала. Эти данные предоставляются оператору в реальном времени на цветном дисплее в кабине, а также архивируются для анализа и составления отчетов [2].

В результате поиска патентной документации в России по запросу «Система контроля уплотнения грунта» в период с 2000 года по настоящее время наблюдается положительная динамика изобретательской активности, следовательно, есть интерес разработчиков к данному техническому направлению, постоянно вкладываются средства в проведение исследований и разработок на данную тему.

Реализовать плотномер можно множеством способов. Например, на базе микроконтроллера. Для этого необходимо иметь плату с микроконтроллером, датчик виброускорения, дисплей, необходимое ПО, установленное на компьютер, USB-кабель, плату расширения и соединительные провода. Микроконтроллер может опрашивать датчик и выводить текущие значения с него в монитор последовательного порта или на дисплей. В сети Интернет есть большое количество готовых программ для Arduino, STM32, Atmega8, Espruino, Raspberry Pi и других плат с примерами подключения акселерометров - датчиков виброускорения, а программное обеспечение часто есть в открытом доступе. Этот способ реализации плотномера является довольно недорогим, но сильно упрощенным.

Помимо микроконтроллера реализовать систему непрерывного контроля уплотнения можно на базе промышленного контроллера. Такие системы уже активно используются ведущими мировыми производителями вибрационных катков. В общем случае они состоят из акселерометра, блока управления и панели оператора. Сенсорный панельный контроллер может объединять в себе блок управления и панель оператора. В катках с вибровозбудителем на вибро-

вальце устанавливается акселерометр, сигнал с которого поступает по кабелю в контроллер и выводится на дисплей оператору для определения действий.

Для реализации плотномера с дальнейшим испытанием в полевых условиях нужно использовать универсальный контроллер с возможностью подключения различных датчиков. Для этого на контроллерах имеются несколько слотов для установки высокопрофильных модулей расширения ввода-вывода. Так же могут поддерживаться RS-232, RS-485, Ethernet, USB (возможность подключения мышки или клавиатуры). Многие модели таких контроллеров имеют прочный корпус, который выдерживает влагу и не пропускает пыль.

Еще одним преимуществом сенсорных панельных контроллеров является возможность сохранения данных во встроенной Flash-памяти. Получаемые с датчика данные можно сразу сохранять в документ в контроллер или на USB-флеш-накопитель. Кроме того, существуют модели с поддержкой microSD с разным объемом памяти.

Сенсорный панельный контроллер позволяет реализовать любую систему визуализации процесса уплотнения, что является существенным преимуществом. Сегодня модели с кнопками являются устаревшими, поскольку на их смену пришли сенсорные устройства с широкой диагональю экрана. Сенсорный экран позволяет быстро и просто менять какие-либо настройки. Оптимальным решением визуализации для оператора будет самый простой вариант – таблица с данными с акселерометра в режиме онлайн. Программист легко сможет создать такую систему, благодаря современной операционной системе, установленной на контроллере. Инструментальная среда для программирования контроллеров есть в открытом доступе, а метод программирования – языки высокого уровня, например, C/C++/C# или языки программирования контроллеров, согласно международному стандарту IEC 61131-3. В сенсорном панельном контроллере могут быть и собственные приложения, позволяющие в режиме онлайн видеть показания с подключенных датчиков [3].

Недостатком сенсорного панельного контроллера является, конечно, стоимость, так как в нем установлена уже готовая операционная система, по сравнению с платой и панелью оператора. Модули расширения приобретаются отдельно по довольно высокой цене. Однако установка одного такого модуля позволяет сэкономить на вспомогательной сигнальной аппаратуре (лампочки, индикаторы, кнопки, переключатели), без которой не могли обходиться предыдущие поколения контроллеров.

Таким образом, сенсорный панельный контроллер имеет множество преимуществ для реализации плотномера. Панель оператора, входящая в состав контроллера, удобна для лучшего понимания оператором процесса уплотнения в режиме реального времени. Кроме того, современные модели контроллеров оснащаются большим объемом памяти, что дает возможность сохранять показания внутри системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладкость – сестра таланта. 2 часть // Основные средства: многопредмет. науч. журн. 2020. URL: <https://os1.ru/article/25420-innovatsii-v-razvitii-konstruktsiy-dorojnyh-katkov-gladkost-sestra-talanta-ch-2>
2. Непрерывный поток уплотнения // Основные средства: многопредметн. науч. журн. 2017. URL: <https://os1.ru/article/9918-dorojnye-katki-s-elektronnym-upravleniem-nepreryvnyy-potok-uplotneniya>.
3. IPC2U: Сенсорные панельные контроллеры ViewPAC от ICP DAS. URL: <https://ipc2u.ru/catalog/promyshlennaya-vtomatizaciya/promyshlennye-kontrollery/pc-kontrollery-viewpac/>.

**АМОРТИЗАЦИЯ ВАЛЬЦА ВИБРАЦИОННЫХ  
ГРУНТОВЫХ КАТКОВ. ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ СТЕНД  
ДЛЯ АМОРТИЗАТОРОВ**

**Т.В. Борисова, А.С. Морев**

Научный руководитель - **А.С. Морев**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматривается методика обоснования характеристик амортизаторов вибрационного модуля грунтового виброкатка для использования в реологической модели.*

**Ключевые слова:** каток вибрационный, модель реологическая, модель математическая, амортизатор, коэффициент вязкого сопротивления, коэффициент упругого сопротивления.

**SHOCK ABSORPTION OF THE ROLLER OF VIBRATING  
GROUND ROLLERS. SHOCK ABSORBER TEST BENCH**

**T.V. Borisova, A.S. Morev**

Scientific Supervisor - **A.S. Morev**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses technique of justification of characteristics of shock-absorbers of the vibration module of a soil vibroskating rink for use in rheological model is considered.*

**Keywords:** vibratory roller, rheological model, dashpot, damping coefficient, stiffness coefficient, determination method.

В дорожном строительстве для уплотнения грунтов наибольшее распространение получили грунтовые вибрационные катки.

Амортизационные системы применяются в вибрационной уплотняющей технике, в нашем случае на вибрационном грунтовом катке, для защиты оператора катка от вибрационного воздействия, а также для предотвращения передачи вибрации с рабочего органа (вибровалец) на раму вибрационного катка и узлы катка, воспринимающие и передающие различные нагрузки.

Для защиты оператора катка от вибрационного воздействия применяются амортизаторы разных видов. Каждый амортизатор представляет собой резинометаллическое изделие, состоящие из двух пластин различной формы (квадрат, ромб, прямоугольник) и упругого материала, расположенного между ними.

На кафедре строительных и дорожных машин довольно давно проводятся исследования вибрационных машин, рассматриваются вопросы качества уплотнения грунта, производится определение оптимальных параметров уплотняющей техники. Создана математическая модель процесса уплотнения грунта вибрационным грунтовым катком [1-2].

В нашем случае процесс уплотнения грунта лучше всего выразить в виде трёхмассной реологической модели, которая, в свою очередь, заложена в основу работы математической модели [3] (рис. 1).

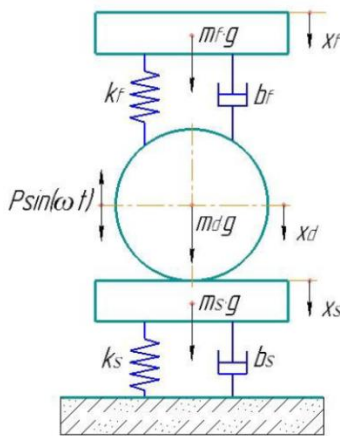


Рис. 1. Трёхмассная реологическая модель [3]

Набор коэффициентов  $k_s$  и  $b_s$  позволяет моделировать состояние уплотняемого грунта (различных типов). Коэффициент  $b_s$  определяется по формуле относительно  $k_s$ . Коэффициент  $k_s$  вводится в математическую модель вручную. Масса рамы и масса вальца предоставляются производителем вибрационного катка как одни из основных характеристик. Присоединенная масса грунта определена экспериментально [3]. Для того чтобы смоделировать процесс уплотнения грунта, необходимо знать параметры амортизаторов, которые представлены коэффициентом жесткости  $k_f$  и коэффициентом вязкости  $b_f$ .

Коэффициент упругого сопротивления амортизатора определяется по формуле [3]:

$$k_f = R/z_f,$$

где  $R$  - усилие, приложенное к амортизатору, Н;  $z_f$  - деформация амортизатора, м.

Коэффициент вязкого сопротивления амортизаторов определяется по формуле [3]:

$$b_f = \frac{k_f \cdot \eta}{\omega},$$

где  $\eta$  – коэффициент, учитывающий;  $k_f$  - коэффициент упругого сопротивления амортизаторов, МН/м;  $\omega$  - угловая частота колебаний дебалансного модуля, рад/с.

Для испытания исследуемых амортизаторов необходимо экспериментально определить значение  $k_f$ , а  $b_f$ , следовательно, рассчитать по формуле относительно результатов эксперимента.

Для определения вышеуказанных параметров математической модели в эксперименте использовалось следующее оборудование: гидравлический пресс П-10 для создания усилия, с ценой деления 0,2 кН; динамометр, предназначенный для измерения статических сил сжатия или растяжения; штангенциркуль - для измерения перемещения в мм, ЭВМ.

Спроектирована экспериментальная конструкция для проведения эксперимента и нахождения коэффициента упругого сопротивления амортизатора  $k_f$ .



**Рис. 2. Конструкция для экспериментальных исследований амортизаторов**

Создавая нагрузку гидравлическим прессом П-10 (максимальное усилие 20 кН), по электронному динамометру АЦД/2С-100/4И-2 отслеживались точ-

ные значения параметров. Перемещение амортизаторов в процессе эксперимента контролировалось с помощью штангенциркуля, который был зафиксирован относительно подвижной плиты. Таким образом, достигая на прессе в процессе эксперимента определённые значения нагрузки (1,5; 3; 4,5; 6; 7,5; 9; 9,5 кН), подача усилия на прессе останавливалась, данные с динамометра и показатели со штангенциркуля записывались на ЭВМ. Также, значения приложенного усилия контролировались на циферблате прессы (аналоговый – индикатор стрелочного типа). Были вычислены средние значения перемещения относительно приложенного усилия, по которым построены графики и с помощью инструмента «Линия тренда» определены уравнения линейной регрессии, получены значения коэффициентов корреляции.

Эксперимент был выполнен в два этапа по пять нагружений на каждом. Первый этап – испытание амортизаторов, расположенных вертикально (аналогично расположению на натурном катке). Второй этап - испытание амортизаторов, расположенных горизонтально.

Экспериментальное исследование позволило, при помощи графиков среднего значения перемещения, получить значения коэффициентов уравнения линейной регрессии и определить коэффициент  $R^2$ . Полученные значения коэффициентов можно использовать в математической модели, которая позволяет оценить воздействие вибрации на различные узлы катка ДМ-614 и может служить основой для подбора количества амортизаторов. В дальнейшем математическая модель может быть использована для проектирования новых конструкций вибрационных катков.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тюремнов И.С.* К обоснованию характеристик амортизаторов грунтовых вибрационных катков / И. С. Тюремнов, Д. В. Федорова, А. С. Клементьев // Шестьдесят девятая всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с междунар. участием. Ярославль: сб. материалов конференции [Электронный ресурс]. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. С. 1293–1296. 1 электрон. опт. диск.
2. *Тюремнов И.С.* Определение коэффициентов упругого и вязкого сопротивления грунта при его вибрационном уплотнении // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ-29: сб. тр. XXIX Междунар. науч. конф. В 12 т. Т. 8. / под общ. ред. А.А. Большакова. Саратов: Саратовский гос. техн. ун-т; Санкт-Петербург: СПбГИ(ТУ), СПбПУ, СПИИРАН; Самара: Самарский гос. техн. ун-т, 2016.
3. *Морев А.С.* Основание показателя уплотнения для системы непрерывного контроля уплотнения грунта вибрационными катками: дис. ... канд. техн. наук. Ярославль: ЯГТУ, 2017. С. 116–133.

## **К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК САМОХОДНЫХ ВИБРОПЛИТ**

**С.С. Ефимов, И.С. Тюремнов**

Научный руководитель – **И.С. Тюремнов**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются обоснование технических характеристик виброплит, отсутствие рекомендаций по технологическим возможностям, разработка методики расчёта влияния технических характеристик виброплит на результат уплотнения грунта в конкретных условиях. Так же рассматривается доработка существующего программного комплекса подбора виброплиты.*

***Ключевые слова:** виброплита, грунт, уплотнение, вибрация, плита вибрационная, анализ статистический, усилие вынуждающее, модель математическая, модель реологическая.*

## **TO THE QUESTION OF JUSTIFICATION OF TECHNICAL CHARACTERISTICS OF SELF-PROPELLED VIBROPLATES**

**S.S. Efimov, I.S. Tyuremnov**

Scientific Supervisor – **I.S. Tyuremnov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The substantiation of the technical characteristics of vibrating plates, the absence of recommendations on technological capabilities, the development of a method for calculating the influence of the technical characteristics of vibrating plates on the result of soil compaction under specific conditions is considered. This is how the revision of the existing software complex for the selection of vibrating plates is being considered.*

***Keywords:** vibratingplate, soil, compaction, vibration, vibrating plate, statistical analysis, forcing force, mathematical model, rheological model.*

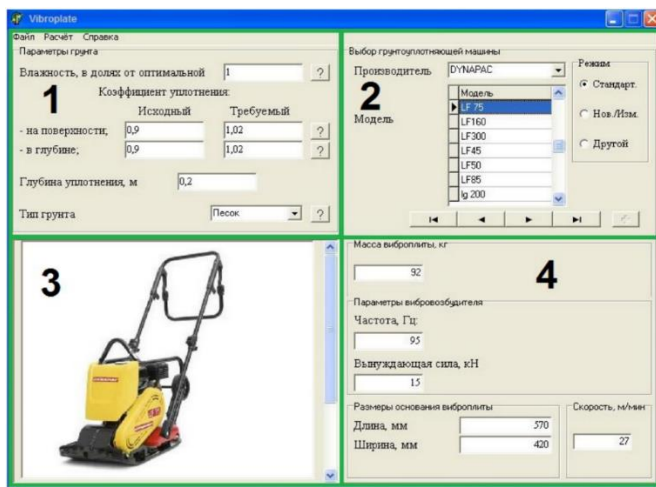
Виброплиты в строительстве получили широкое распространение. Данное оборудование применяется для уплотнения различных дорожно-строительных материалов (грунтов, каменных материалов, тротуарной плитки, асфальтовых смесей и др.) в траншеях, на откосах, тротуарных дорожках, в пазухах фундаментов и других работах, где от машины необходимы сравнительно малые габариты.



Виброплиты имеют следующие основные технические характеристики: общая масса, вынуждающее усилие и частота колебаний вибровозбудителя, мощность двигателя. Виброплиты одной массы у разных производителей имеют значения технических характеристик, изменяющихся в широком диапазоне. Например, для виброплит массой 200 кг, вынуждающие усилия серийно выпускаемых виброплит может принимать значения от 28 до 40 кН [1]. Причина этой ситуации - отсутствие методики расчёта влияния технических характеристик виброплит на результат уплотнения грунта в конкретных условиях. По этой же причине производители не могут дать рекомендаций по технологическим возможностям своего оборудования.

Основными трудностями разработки вышеуказанной методики являются: недостаточная изученность и сложность процессов взаимодействия между элементами и различными фазами грунта (твёрдой, жидкой и газообразной) при уплотнении; высокодинамичный режим работы виброплит (вынуждающее усилие может превышать вес виброплиты в 8-30 раз [1]); сравнительно низкая стоимость виброплит, вследствие чего производители не могут позволить инвестировать большой объём средств в исследование процессов взаимодействия виброплит с грунтами.

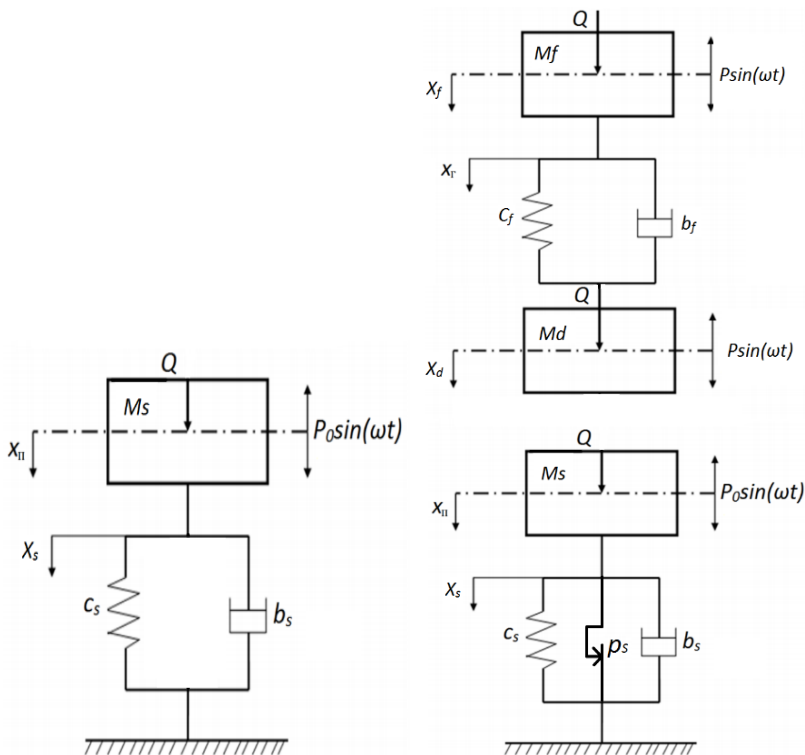
На кафедре «Строительные и дорожные машины» ЯГТУ долгие годы велась работа над решением этих проблем, и был создан программный комплекс «Vibroplate». На рис. 1 представлен общий вид окна программного комплекса «Vibroplate», рабочее окно которого содержит несколько областей [2].



**Рис. 1. Общий вид окна программы «Vibroplate» [2]**

Область 1 – это область ввода исходных данных по грунту. Область 2 – управление базой данных виброплит. Область 3 – это область общей информации об уплотняющей машине. Область 4 – область отображения параметров.

Данный программный комплекс создан на основе математической модели процесса взаимодействия виброплиты с грунтом. Но использованная математическая модель содержит в себе реологическую модель с большим количеством допущений: виброплита здесь является одномассной (без разделения на верхнюю и нижнюю часть), грунт безинерционный (рис.2).



**Рис. 2. Используемая (слева) и предлагаемая (справа) реологические модели**

Оба этих допущения приводят к образованию существенной погрешности. Планируется использовать математическую модель, описывающую более точно взаимодействие виброплиты с грунтом. В предлагаемой реологической модели используется схема виброплиты с делением её по массе на раму с двигателем и основания с вибратором, а также грунт теперь имеет инерционную массу и взаимодействует с нижним слоем не только с упруго-вязкими свойствами, но и с пластическими. Это поможет нам актуализировать методику расчёта влияния технических характеристик виброплиты на результат уплотнения грунта в конкретных условиях.

Полученный в результате программный комплекс станет инструментом помощи строителям для подбора плит, обеспечивающих требуемое качество уплотнения в заданных условиях, а также оценки сравнительной эффективности виброплиты в конкретных условиях. А обратная задача позволит нам уже выйти на обосновании технических характеристик виброплит при проектировании и модернизации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тюремнов И.С.*. Статистический анализ технических характеристик вибрационных плит / И.С. Тюремнов, Новичихин // *Механизация строительства*. 2014, №11. С. 32–35.
2. *Тюремнов И.С.* Уплотнение грунтов вибрационными плитами: монография [Электронный ресурс]. И.С. Тюремнов, А.А. Новичихин. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. 143 с. 1 электрон. опт. диск.

## **КОНСТРУКЦИЯ СТЕНДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА РЕЖУЩИЙ ЭЛЕМЕНТ ДОРОЖНОЙ ФРЕЗЫ**

**Л.М. Шамахов, Д.В. Фурманов**

Научный руководитель – **Д.В. Фурманов**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается методика исследования процессов происходящих при резании асфальтобетонных различных марок единичным режущим элементом и оборудование для практической реализации эксперимента.*

***Ключевые слова:** фреза дорожная, асфальтобетон, силы сопротивления резанию, стенд для проведения эксперимента, методика исследования.*

## **DESIGN OF THE STAND FOR DETERMINING THE LOADS ACTING ON THE CUTTING ELEMENT OF THE ROAD CUTTER**

**L.M. Shamakhov, D.V. Furmanov**

Scientific Supervisor – **D.V. Furmanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

*Yaroslavl State Technical University*

*The article considers the methodology of studying the processes occurring during the cutting of asphalt concrete of various grades with a single cutting element and equipment for the practical implementation of the experiment.*

***Keywords:** road milling cutter, asphalt concrete, cutting resistance forces, stand for the experiment, research methodology.*

Дорожные фрезы выполняют работы по снятию слоев асфальтобетона, а также используются для устранения дефектов покрытий верхних слоев дорожных одежд автомобильных дорог. Процесс фрезерования асфальтобетона является энергозатратным и, как следствие, дорогостоящим. Повышение эффективности оборудования невозможно без всестороннего изучения соответствующего рабочего процесса. Асфальтобетон является сложным дисперсно-наполненным композитом, прочность которого зависит от различных природных и механических факторов (температуры, толщины, количества битума и

т.д.) [1]. Учитывая это, силы сопротивления резанию асфальтобетона зависят от множества показателей и определить их значение аналитическими методами не представляется возможным. Такими исследованиями процесса резания асфальтобетона занимались выдающиеся российские и зарубежные ученые [2-3]. Но существующие работы вызывают ряд неразрешенных вопросов.

Также непрерывно совершенствуются конструкции фрезерных машин и ужесточаются требования к прочности асфальтобетона [4-5], так что данные обстоятельства требуют постоянного исследования процессов происходящих при резании асфальтобетонов.

Нагрузки зависят от множества факторов, таких как температура и марка асфальтобетона, толщина срезаемой стружки, скорость резания и тип режущего элемента. Поэтому, для определения параметров резания с необходимой для практических задач точностью, требуется создание экспериментальной методики.

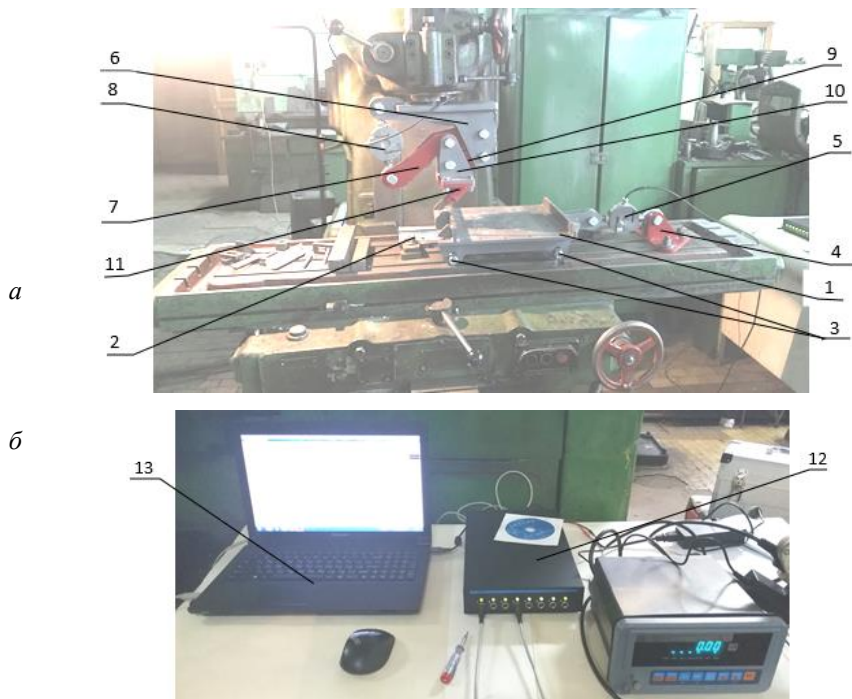
Для изучения процесса резания уже проводились эксперименты. Например, была разработана методика изучения данного процесса, а также маятниковый стенд для проведения эксперимента. Описание стенда и результаты испытаний отражены в работе [4]. Но полученный результат был неудовлетворителен. Основными причинами стало отсутствие возможности определения графических мгновенных сил резания, а также невозможность проведения опытов заблокированного и полублокированного резания. Из-за нехватки жёсткости конструкции зуб резца смещался и изменял свой след, что и приводило к изменению показателей. Конструкция стенда не позволяла определить вертикальную составляющую силы резания.

Изучение процесса фрезерования целесообразно выполнять с исследования взаимодействия с материалом одного режущего элемента, являющегося частью фрезерного барабана. Затем интегрировать полученный результат.

С этой целью, за основу был взят консольный вертикально-фрезерный станок. Данное решение обеспечивает: жёсткость станины и, как следствие, геометрическую стабильность процесса; возможность определять силовые и энергетические характеристики процессов резания и дробления, возможность регулирования в широком диапазоне геометрических и динамических параметров процессов резания, таких как тип, способ установки и угол наклона режущего элемента и т. д.

Стенд состоит из вертикального консольно-фрезерного станка модели 6P12П и установленными на нем: нижней подвижной плиты 1, для фиксации образцов асфальтобетона, линейной направляющей 2, обеспечивающей жёсткость конструкции, двух шариковых подшипников 3, предназначенных для возможности перемещения плиты относительно станины станка, кронштейна 4, к которому крепиться горизонтальный S-образный датчик 5, соединённый с подвижной плитой. К раме с конусом под шпиндель 6, крепиться верхний рычаг 7, передающий усилие на вертикальный S-образный датчик 8. Нижний рычаг

чаг 9 соединен со стойкой 10, на которой расположен резцедержатель 11 с режущий элемент. Схема станда показана на рис. 1, а.



**Рис. 1. Экспериментальный стенд:**  
а - общий вид станда для исследования процессов резания  
и динамического разрушения асфальтобетонов;  
б – функциональная схема измерительной системы

Измерительная система (рис. 1, б) разработана с учетом требований по чувствительности датчика, скорости записи, возможности анализа полученных результатов и возможности фильтрации сигнала. Система состоит из двух S-образных тензометрических датчиков растяжения-сжатия 5,8, тензометрической станции 12 и персонального компьютера 13. Перед началом экспериментальных работ была произведена тарировка тензодатчика.

В процессе фрезерования, на резце создается усилие, которое разбивается на две составляющие. Параллелограммная система крепления резца к датчику, была разработана для нахождения вертикальной составляющей силы резания. С помощью подвижной плиты возникает усилие на горизонтальном тензометрическом датчике.

Работа станда осуществляется следующим образом: 1) производится установка образца и его фиксирование; 2) при помощи ходовых винтов кон-сольного вертикально-фрезерного станка устанавливается нужная глубина фрезерования; 3) настраивается нужная подача стола; 4) происходит снятие стружки материала.

В процессе снятия показаний с тензодатчика и их регистрация (запись) в режиме реального времени блоком тензостанции. Этот блок модифицирует сигналы с датчика в цифровые и передает в персональный компьютер. Специальное программное обеспечение позволяет записывать показания датчиков в режиме реального времени, отображать их на дисплее и обрабатывать с учетом корректирующих коэффициентов, фильтровать негативное влияние различных помех и т. д.

Таким образом, разработана методика для определения основных параметров резания асфальтобетонных и оборудования для реализации исследований. Данное решение позволяет определить силы, действующие на резец в зависимости от марки асфальтобетона и глубины резания с достаточной для практического применения точностью.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Куприянов Р.В.* Исследование температурных режимов прочностных характеристик щебеночно-мастичного асфальтобетона / Р.В. Куприянов, А.Ф. Зубков, В.И. Леденев // Науч. вестник Воронеж. гос. архитектурно-строит. ун-та. Строительство и архитектура. 2013. № 3. С. 59–66.
2. *Фурманов Д.В.* Экспериментальное определение сил сопротивления резанию при разрушении асфальтобетона единичным режущим элементом / Д.В. Фурманов, В.С. Чижев, Н.Э. Лысаков // Вестник Сибир. гос. автомобильно-дорож. ун-та. 2020. Т. 17, № 2. С. 196–207.
3. *SaadIssa Sarsam.* Assessing Shear and Compressive Strength of Reclaimed Asphalt Concrete / SaadIssa Sarsam, Ihsan Ali Hasan AL-Janabi // International Journal of Scientific Research in Knowledge. 2014. 2(8). P. 352-361.
4. ГОСТ Р 58406.1-2020 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия.
5. ГОСТ Р 58406.2-2020 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия.

## ВОПРОСЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛЫ РЕЗАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

**Н.Э. Лысаков, Д.В. Фурманов**

Научный руководитель - **Д.В. Фурманов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В данной работе проведен анализ существующих работ по резанию асфальтобетонных, представлены некоторые испытания на стенде для изучения процессов резания асфальтобетонных единичным режущим элементом, были выведены зависимости позволяющие определить силу резания от геометрических параметров фрезерования.*

***Ключевые слова:** фреза дорожная, асфальтобетон, вертикально-фрезерный станок, сила сопротивления резанию, измерительный комплекс.*

## QUESTIONS OF DETERMINING THE CUTTING FORCE OF ASPHALT CONCRETE

**N.E. Lysakov, D.V. Furmanov**

Scientific Supervisor - **D.V. Furmanov**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*In this paper, an analysis of existing works on cutting asphalt concrete is carried out, some tests on the stand for studying the processes of cutting asphalt concrete with a single cutting element are presented, and dependencies are derived that allow determining the cutting force from the geometric parameters of milling.*

***Keywords:** road milling cutter, asphalt concrete, vertical milling machine, cutting resistance force, measuring complex.*

Рынок оборудования для фрезерования дорожного покрытия на сегодняшний момент в основном представлен только зарубежными моделями различных конструкций.

Проектирование нового и модернизация существующего фрезерного дорожно-строительного оборудования для разработки асфальтобетона требует изучения рабочих процессов резания материалов единичными режущими элементами различных типов, но так как прогресс не стоит на месте и появление новых образцов асфальтобетона обгоняет создание оборудования или модернизацию



существующего, для его разработки, требуется создание методики. Без обоснования выбора типа и количества режущих элементов и конструкции фрезерного барабана в целом, без обоснования величины подачи и частоты вращения барабана, без определения нагрузок на рабочий орган, определения затрат энергии для обеспечения заданной производительности, создание оборудования невозможно.

Однако известен ряд работ, которые могут служить отправной точкой для выстраивания такой методики.

В работе [1] рассмотрены, большие количества экспериментов, на основе которых разработана методика проектирования фрезерного оборудования для вскрытия мерзлых и талых грунтов.

Аналогичные работы с взаимодействием дискового режущего элемента с мерзлым грунтом описаны в публикации [2].

Учитывая схожесть процессов, методы, положенные А. Н. Зелененым, который занимался изучением процессов разработки грунтов, в данной работе могут быть использованы и для анализа сопротивляемости резанию дорожных асфальтобетонов.

В свою очередь в работе [3], автором которой является Р. Б. Желудевич, занимавшийся разработкой мёрзлых грунтов, были выведены линейные зависимости сил резания от геометрических параметров, которые заставляют нас усомниться в достоверности исследований.

Прочностными характеристиками дорожных покрытий занимались авторы работ [4, 5], однако результаты таких исследований очень быстро устаревают в связи с постоянным совершенствованием конструкций дорожных фрез и режущих элементов, в частности. Кроме того, непрерывно совершенствуются асфальтобетоны, прочностные и деформативные характеристики которых так же меняются.

С целью обоснования параметров вновь разрабатываемого оборудования и определения рациональных режимов работы существующего оборудования необходимо периодически проводить исследования режущих свойств новых режущих элементов и определять сопротивляемость резанию новых типов материалов.

Проведение испытаний упирается во множество факторов, таких как температура образца асфальтобетона, которая влияет на структуру материала, глубина фрезерования, тип резания материала, количество резцов в плоскости резания.

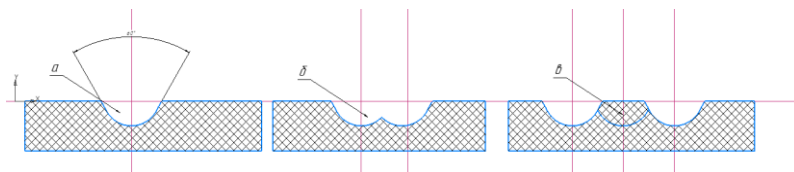
Учитывая указанные факторы, на кафедре «Строительные и дорожные машины» Ярославского государственного технического университета, в рамках выполнения научно-исследовательской работы, разработан стенд, представляющий собой вертикально-фрезерный станок, на котором установлена подвижная плита, для установки и фиксации материала и верхней параллелограмной подвески с тензометрическими датчиками для снятия показаний

напряжения (рис. 1) и разработана экспериментальная методика резания асфальтобетон.



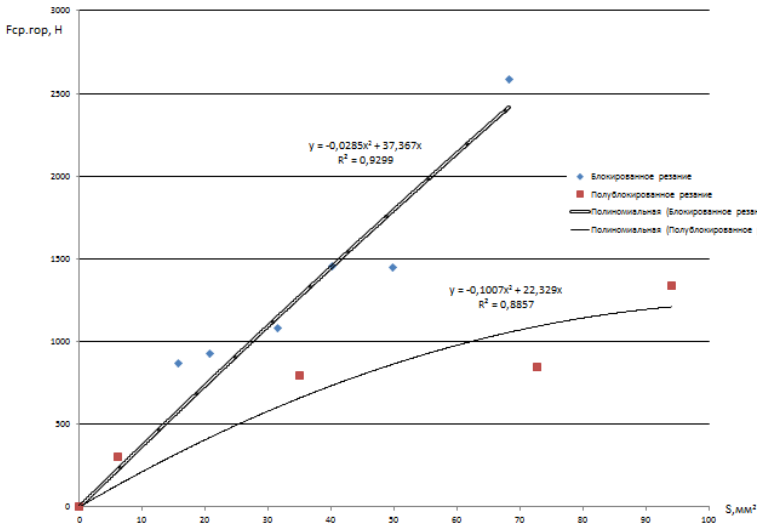
**Рис. 1. Общий вид стенда для исследования процессов резания и динамического разрушения дорожно-строительных материалов**

В ходе проведения экспериментов задача построена на выявление зависимости силы резания от площади следа. Площадь следа будет меняться в зависимости от типа резания асфальтобетона (рис. 2).



**Рис. 2. Тип резания асфальтобетона:**  
*a* - блокированное, *б* - полублокированное, *в* - неблокированное

Исходя, из полученных данных можно получить зависимость горизонтальной составляющей силы от площади следа режущего элемента (рис. 3).



**Рис. 3. Зависимость горизонтальной составляющей силы реза от площади**

Уравнение линии тренда не имеет линейный характер, а представляет собой полином:

1) блокированное резание:

$$F_1(S) = -0,0285 \cdot S^2 + 37,367 \cdot S, \quad (1)$$

где  $F_1$  - горизонтальная сила резания, Н;  $S$  - площадь следа реза, мм<sup>2</sup>.

Величина достоверности аппроксимации:  $R^2 = 0,9299$ ;

2) полублокированное резание:

$$F_1(S) = -0,1007 \cdot S^2 + 22,329 \cdot S. \quad (2)$$

Величина достоверности аппроксимации:  $R^2 = 0,8857$ .

Проанализировав зависимость силы резания от площади следа реза, можно будет определить рациональное количество режущих элементов на фрезерном барабане и их расположение.

Таким образом, с помощью полученных результатов и построенного графика можно сказать, что сила резания имеет нелинейный характер, таким образом, работа Р.Б. Желукевичне позволяет определить зависимость силы резания геометрических параметров фрезерования. Развитие данной работы лежит в области исследований режущих свойств различных резцов для других марок и типов асфальтобетона. Кроме того, на основе данных исследований

необходимо построение математической модели и создание методик расчета фрезерного оборудования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зеленин А.Н.* Основы разрушения грунтов механическими способами. М., Машиностроение, 1968.
2. *Холодов А.М.* Теоретическое выражение сопротивления грунта лобовому резанию широким плоским ножом // Горные, строительные и дорожные машины. Киев: Техника, 1965. Вып. 1. С.16–18.
3. Экспериментальные исследования резания мерзлых грунтов дисковым инструментом / Р.Б. Желукевич, Ю.Н. Безбородов, Ю.Ф. Кайзер, В.А. Ганжа // Механики XXI века: материалы VIII Всерос. науч.-техн. конф. с междунар. участием. Братск, 2009. С. 44–46.
4. *Кирюхин Г.Н.* Проектирование состава асфальтобетона и методы его испытаний. Обзорная информация // Автомобильные дороги и мосты. 2005. Вып. 6. 96с.
5. *Маматов Ф. М.* Экспериментальное исследование различных типов плоских ножей: Сб. науч. тр. / МИИСП. М.: МИИСП, 1977. Т. 15, вып. 1. С. 5–7.

## **ВОПРОСЫ ВЫБОРА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ОГОЛОВКОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ СВАЙ**

**П.С. Ломов, Д.В. Фурманов, Н.Н. Ключко**

Научный руководитель – **Д.В. Фурманов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*За последние несколько десятков лет предложены сотни конструкций для удаления оголовков железобетонных свай. Однако среди существующих на рынке вариантов можно выделить пять типовых решений, которые используются в зависимости от технологических ситуаций. В статье описаны ключевые требования, предъявляемые к технологии удаления оголовков свай, и проанализировано соответствие существующих машин этим требованиям. Даны рекомендации по выбору требуемой конструкции.*

**Ключевые слова:** железобетонная свая, оголовок, силы резания, срезка свай, свая-оболочка, ростверк.

## **QUESTIONS ABOUT THE CHOICE OF EQUIPMENT FOR REMOVING THE HEADS OF REINFORCED CONCRETE PILES**

**P.S. Lomov, D.V. Furmanov, N.N. Klochko,**

Scientific Supervisor – **D.V. Furmanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University, Yaroslavl

*Over the past few decades, hundreds of designs for removing the heads of reinforced concrete piles have been proposed. However, among the options available on the market, there are five standard solutions that are used depending on technological situations. The article describes the key requirements for the technology of removing pile heads and analyzes the compliance of existing machines with these requirements. Recommendations on the choice of the required design are given.*

**Keywords:** reinforced concrete pile, head, cutting forces, pile cutting, shell pile, grillage.

Срезание оголовков железобетонных свай после их забивки требуется для последующего изготовления, опирающегося на них, ростверка. Эта опера-

ция может выполняться вручную, при помощи перфораторов и бригады соответствующих специалистов, однако гораздо быстрее и дешевле использовать специальное навесное оборудование для гидравлических экскаваторов и экскаваторов-погрузчиков.

Выбор существующего оборудования для удаления оголовков железобетонных свай и проектирование нового затруднено огромным количеством предложенных вариантов. Патентный запрос в поисковых системах дает сотни патентов и авторских свидетельств, предложенных различными коллективами авторов за последние пять десятков лет. Среди предложенных конструктивных решений выделяются предложения по срезу оголовку, слому, скручиванию, абразивному срезанию, дроблению и т. д. Однако производители оборудования предлагают различные варианты изделий, среди которых можно выделить шесть типовых конструкций, зарекомендовавших себя временем в конкретных технологических ситуациях.

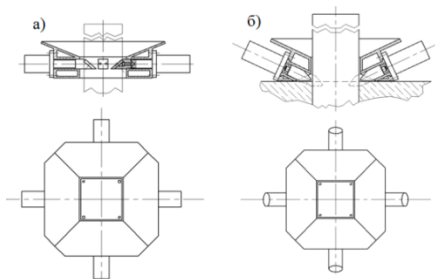
Обоснование выбора той или иной конструкции хотелось бы начать с требований, предъявляемых к технологии срезания оголовков железобетонных свай. В настоящее время эта операция регламентируется двумя документами [1, 2], главными требованиями которых являются следующие:

- удаление оголовков железобетонных свай должно осуществляться без удаления вертикальных армирующих стержней, которые в последствие связываются с арматурой ростверка;
- срезание оголовка сваи должно осуществляться на уровне с грунтом;
- относительная неровность срезанной поверхности не должна превышать 50 мм;
- не допускается растрескивание бетона в тело сваи, расположенной в грунте.

Помимо ключевых требований, следует добавить еще и требования, обусловленные экономическими и технологическими особенностями использования оборудования, а именно:

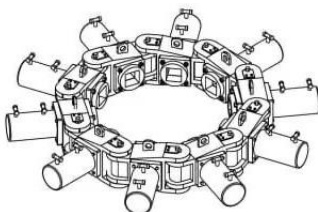
- оборудование не должно быть дорогим;
- производительность оборудования должна быть достаточной для обеспечения адекватного уровня эксплуатационных издержек;
- оборудование должно быстро монтироваться и демонтироваться на базовую машину.

Широкое распространение получили сваерезные модули, представляющие собой жесткую квадратную раму с установленными на ней гидроцилиндрами (рис. 1, а). На штоках гидроцилиндра установлены режущие элементы.



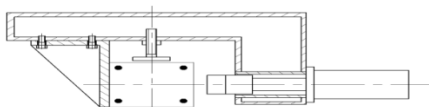
**Рис. 1. Оборудование для срезания железобетонных свай квадратного сечения классической конструкции (а) и с возможностью срезания свай на уровне грунта (б)**

Подобное оборудование для свай круглого сечения представляет собой составную конструкцию, выполненную из отдельных секций (рис. 2). На корпусе секции устанавливается гидроцилиндр, на штоке которого зафиксирован режущий элемент. Количество секций подбирается в зависимости от требуемого диаметра сваи.



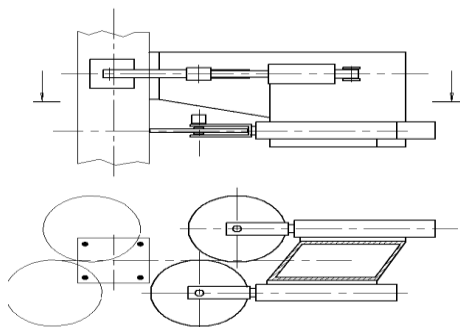
**Рис.2. Оборудование для срезания свай круглого сечения**

Недостатком существующего оборудования является отсутствие возможности срезать близко расположенные сваи. С этой целью разработано оборудование с боковым подводом режущих элементов (рис. 3). Данная схема позволяет производить не только срезание свай, но и удаление других железобетонных изделий, например стен или плит перекрытия. Так как режущими являются в данной схеме всего два зуба, это отражается на ровности срезаемого свайного элемента. В ряде случаев требуется дополнительное выравнивание срезанной части сваи.



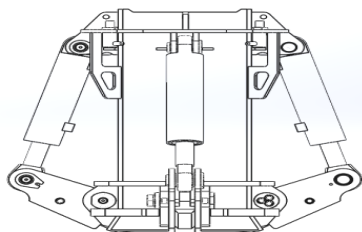
**Рис. 3. Схема оборудования для срезания свай с боковым подводом**

Среди представленных на рынке изделий следует так же выделить оборудование, позволяющее срезать оголовки свай с высоким качеством поверхности (рис. 4). С этой целью используются абразивные диски позволяющие срезать железобетон и арматуру. Несмотря на высокое качество реза, такое оборудование удаляет силовые арматурные стержни и не пригодно для использования в соответствии с требованиями нормативных документов. Кроме того, оборудование является достаточно тяжелым, что требует использование тяжелых базовых машин – экскаваторов. Сложность и, соответственно, высокая стоимость изделия также является ограничивающим фактором его использования.



**Рис. 4. Схема оборудования для срезания свай абразивными дисками**

Все представленные схемы изделий обладают серьезным недостатком, а именно – их работа не предусматривает срезание свай на уровне грунта. Этот существенный недостаток требует дополнительных технологических операций по выравниванию оголовка свай либо досыпки грунта с последующим уплотнением до уровня срезанных изделий. Решением проблемы стало появление другого типа оборудования (рис. 5), которое, благодаря рычажному приводу зубьев позволяет выполнить срезание оголовка свай на одном уровне с грунтом.



**Рис. 5. Схема оборудования с шарнирно-рычажным приводом зубьев**



К сожалению, и у этого решения появились недостатки. Требуемое усилие для срезания свай, по оценочным данным, может достигать значения 400...500 кН. Это требует достаточно прочную и жесткую раму для подобных изделий и данное конструктивное решение потребовало существенно утяжелить всю конструкцию. Масса образцов оборудования более 800 кг потребовало использование тяжелых базовых экскаваторов, что повысило эксплуатационные издержки в 1,5–2 раза без существенного увеличения производительности.

Относительно недавно решением этой проблемы стало изобретение оборудования для срезания оголовков железобетонных свай с угловым расположением гидроцилиндров [4]. Данное изделие отличается от прототипа только конструкцией рамы и траекторией движения режущих элементов (рис. 1, б). Это позволило без изменения массы оборудования и существенного изменения стоимости обеспечить срезание оголовков железобетонных свай на одном уровне с грунтом.

Развитие конструкций и технологий срезания оголовков свай продолжается и, на сегодняшний день, строительные организации могут выбрать из широкого перечня изделий то, которое им требуется в рамках необходимой технологии проведения работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты (Актуализированная редакция СНиП 2.02.03-85)
2. СП 45.13330.2012. Свод правил. Земляные сооружения, основания и фундаменты. Актуализированная редакция СНиП 3.02.01-87 (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 635/2).
3. Analysis and experimental evaluation of contact interaction of simple punch shapes with concrete / D.V. Furmanov [et al.] // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 2019. 560: 012062.
4. Пат 2716537 РФ, МПК E02F 3/40. Оборудование для срезания железобетонных свай / Д. В. Фурманов, опубл. 12.03.2020, бюл. №8.

## **СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

**Г.С. Малов, Ю.Г. Попов**

Научный руководитель – **Ю.Г. Попов**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются современные тенденции развития САПР в машиностроении за последние 3–4 года.*

***Ключевые слова:** САПР, автоматизация машиностроения, тенденции развития, потенциал роста, новые технологии.*

## **MODERN TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF AUTOMATED DESIGN SYSTEMS IN MECHANICAL ENGINEERING**

**G.S. Malov, Y.G. Popov**

Scientific Supervisor - **Y.G. Popov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The current trends in the development of CAD in mechanical engineering over the past 3-4 years are considered.*

***Keywords:** CAD, automation of mechanical engineering, development trends, growth potential, new technologies.*

В сфере САПР постоянно вводятся новые технологии для увеличения возможностей настоящих и разработки новых систем и подсистем автоматизированного проектирования.

В настоящее время все еще используется разделение САПР-систем на легкие, средние и тяжелые.

- Легкие системы САПР предназначены для 2D-проектирования и черчения, а также для создания отдельных трехмерных моделей без возможности работы со сборочными единицами.

- Средние системы САПР применяются для 3D-моделирования изделий, проведения расчетов, автоматизации проектирования электрических, гидравлических и прочих вспомогательных систем.

- Тяжелые САПР предназначены для работы со сложными изделиями. В них заложена отличная от средних систем архитектура и алгоритм работы.

В особую категорию можно выделить активно развивающиеся «облачные» САПР, позволяющие использовать возможности современных информационно-вычислительных сетей для работы.

Стоит отметить, что данное классическое разделение «по весу» постепенно теряет актуальность, так как в настоящее время с развитием отрасли быстро размывается граница между средними и тяжелыми САПР и происходит быстрый рост функциональных возможностей легких САПР-систем. Те функции, которые ранее были доступны только в тяжелых САПР, сейчас повсеместно используются в простых и доступных системах.

Такой вектор развития был ожидаем. Что касается других тенденций в технологиях САПР, то они были не столь очевидны. На рис. 1 представлена гистограмма, оценивающая потенциал развития различных технологий САПР.

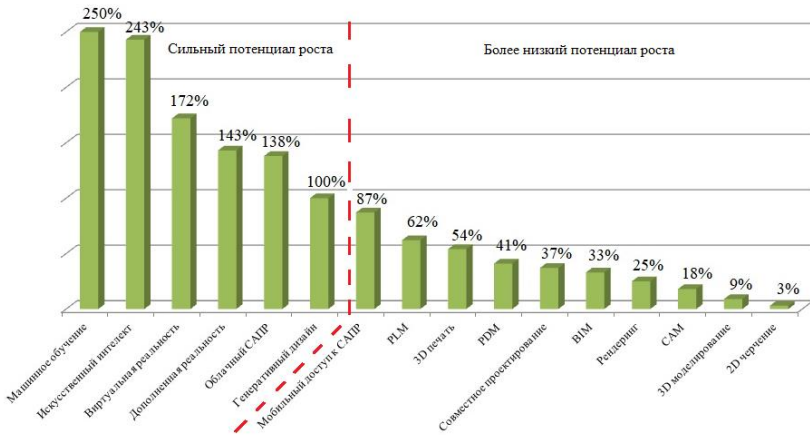


Рис. 1. График потенциала развития технологий САПР [1]

Потенциал роста технологий оценивался по следующей формуле:

$$\text{Коэффициент потенциала роста} = \left[ \frac{T_{3-5} - T_H}{T_H} \right] \cdot 10, \quad (1)$$

где  $T_{3-5}$  - % использование в течение 3–5 лет;

$T_H$  - % использование в настоящее время.

Гистограмма условно разделена на две части. В правой – системы с «низким потенциалом роста». Это не значит, что они теряют актуальность, а

всего лишь характеризует, что при текущем развитии отрасли они, возможно, достигли пика своего развития и распространения. В левой части гистограммы расположены технологии, показавшие за последний год существенный рост, относительно предыдущего периода. Это в свою очередь означает, что данные технологии будут развиваться и более активно использоваться в САПР.

Проанализировав всю статистику использования технологий автоматизированного проектирования за последние 5 лет [1], можно сделать следующие выводы:

- Неуклонно снижается объем 2D-черчения, очевидно замещаясь в машиностроении 3D-моделями.

- Серьезно повысилась ценность рендеринга моделей, очевидно в связи с увеличившейся производительностью рабочих станций. По тем же причинам растут облачные САПРы, т.к. помимо собственно системы проектирования они еще и предоставляют вычислительные мощности, что приобретает колоссальную важность для сложных инженерных расчетов, рендеринга, и генеративного дизайна, а также увеличивают мобильность проектировщиков и повышают эффективность в качестве их работы.

- Уровень использования 3D-печати, значительно повысился по сравнению с предыдущими годами. Это связано не только с рядом ее преимуществ, (возможность тестирования ряда параметров будущей модели и проверка возможности ее реализации), но и с увеличением доступности данной технологии.

- Уровень совместного проектирования значительно повысился вследствие необходимости повышения производительности и создания высококачественных изделий, полученных путем взаимодействия.

- Технологии виртуальной и дополненной реальности начали развиваться только последние годы благодаря также возросшей производительности локальных систем. В будущем можно ожидать слияния виртуальной (и дополненной) реальности с облачными САПР, которые будут предоставлять вычислительные мощности для этих требовательных по ресурсам технологий.

- Применение генеративного дизайна связано с ростом вычислительной возможности и быстрого развитие 3D-печати. При помощи данной технологии стало возможно генерирование трехмерных моделей по заданным условиям без участия конструктора. В будущем при применении генеративного дизайна возможно качественные изменения продукции машиностроения, строительства и других отраслей.

- Технология машинного обучения получила свое развитие вследствие необходимости получения методики анализа данных, позволяющей аналитической системе обучаться в ходе решения схожих задач. Рассматриваемая САПР базируется на идее способности аналитических систем выявлять закономерности и принимать решения с минимальным участием человека. С появлением машинного обучения было получено значительное увеличение мощностей.

На основе данной информации можно сделать вывод, о том, что быстро развивающиеся и наиболее востребованные на сегодняшний день техноло-

гии в САПР применяются в основном для проектирования на крупных промышленных предприятиях, где важна скорость и точность выполнения продукции, а также максимальное взаимодействие большого коллектива. Технологии, уступающие свои ранее занимаемые позиции вследствие развития возможностей САПР, используются на средних или мелких предприятиях, не имеющих значительного оборота продукции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The Business Advantage Group. URL: <https://www.business-advantage.com/CAD-Trends-Webinars.php>
2. Оборудование и технологии обработки. URL: <https://nzmetallspb.ru/benzoinstrument/sapr-struktura-klassifikatsiya-vozmo-zhnosti-primenenie.html>
3. Обзор популярных систем автоматизированного проектирования. URL: <https://www.pointcad.ru/novosti/obzor-sistem-avtomatizirovannogo-proektirovaniya>
4. Тяжелые САПР. URL: <https://seniga.-ru/sapr/tsapr.html>

## КОМПЛЕКТ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ СОДЕРЖАНИЯ ДОРОГ

**В.И. Петров, Н.Е. Тарасова**

Научный руководитель – **Н.Е. Тарасова**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Проведен анализ навесного рабочего оборудования для содержания дорог на мини-погрузчик. Рассматривается конструкция, в которой производится замена барабана для работы дорожной фрезой, цилиндрической дисковой щетки и скальвателя льда в одном корпусе без замены гидромотора.*

**Ключевые слова:** навесная дорожная фреза, цилиндрическая щетка, скальватель льда, мини-погрузчик, гидромотор.

## SET OF EQUIPMENT FOR ROAD MAINTENANCE

**V. I. Petrov, N.E. Tarasova**

Scientific Supervisor – **N.E. Tarasova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

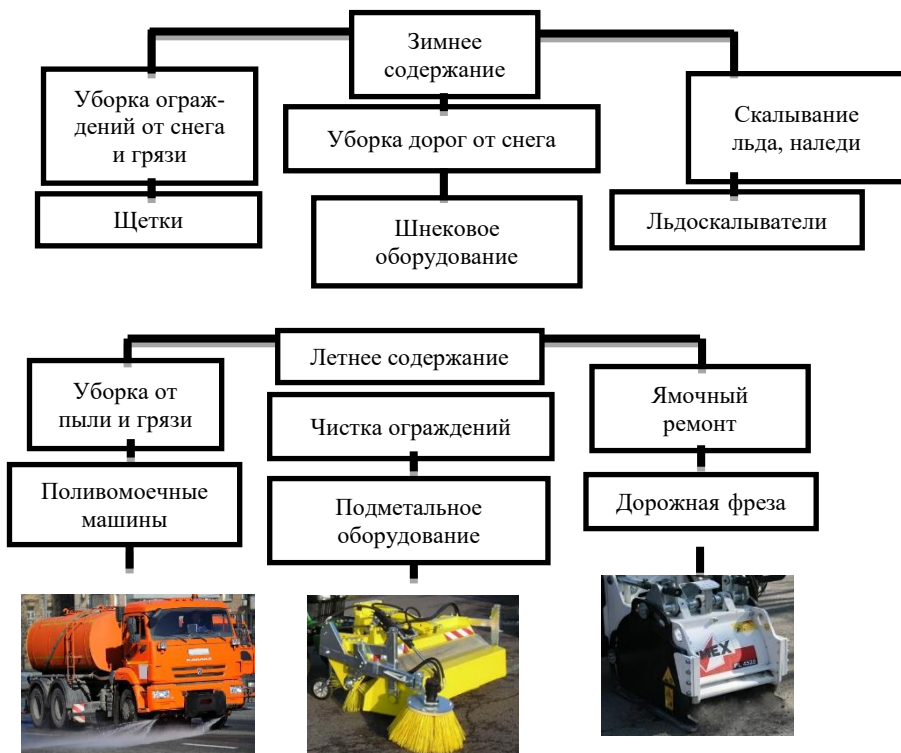
Yaroslavl State Technical University

*The analysis of the mounted working equipment for the maintenance of roads on a mini-loader is carried out. A design is considered in which the drum for the road cutter, the cylindrical disc brush and the ice cleaver are replaced in one housing without replacing the hydraulic motor.*

**Keywords:** mounted road cutter, cylindrical brush, ice cleaver, mini loader, hydraulic motor.

Одной из наиболее актуальных задач коммунальных хозяйств, решаемых в настоящее время, является содержание и очистка автомобильных дорог и дворовых территорий. В содержание дорог входят такие работы, как мойка, уборка, поливка, очистка дорог и дорожных ограждений от снега, наледи, сбор и вывоз мусора, устранение дефектов дорожного полотна, улучшение проходимости и безопасности пешеходных дорог, ликвидация последствий аварий коммунальных сетей и так далее. Для выполнения всех этих процессов нужны специальные машины и оборудование, специальные технологии, которые повысят качество работы с ранее перечисленными процессами.

Содержание дорог в различные периоды года отличается. В летний период необходимо выполнять работы по уходу за конструктивными элементами земляного полотна (обочины, откосы, водоотводы и др.), устранению мелких деформаций и разрушений, очистке от грязевых наносов. Зимний период содержания дорог характеризуется низкой температурой воздуха, снегопадами и метелями, формирующими снежные отложения, зимней скользкостью. В связи с этим, нужно бороться с большими накоплениями снега, с гололедицей.



**Рис. 1. Машины для содержания дорог в зимний и летний периоды**

С целью, скорейшего выполнения этих задач в разные периода времени, используется дорожная техника с соответствующими характеристиками. Всю эту технику можно разделить на 4 большие группы, такие как: а) подметально-уборочные машины, б) машины для поливки и мойки, в) машины и оборудование для зимнего содержания дорог, г) оборудование для ремонта дорожного покрытия.

Уборка дворов, небольших улиц в настоящее время является обязанностью управляющих компаний и небольших организаций, которые не имеют

возможности содержать большой парк машин. Одной из универсальных машин, применяемых для данных работ, являются мини-погрузчики. При использовании мини-погрузчика для выполнения различных работ используется несколько видов рабочего оборудования. Анализ рабочего оборудования, применяемого для содержания дорог [1], показал, что достаточно большое количество типов рабочего оборудования имеют вращающийся рабочий орган, который на мини-погрузчиках приводится в движение с помощью гидромотора. Такое оборудование, как льдоскалыватель для избавления от наледи, дорожная фреза для снятия дорожного слоя материала, цилиндрическая щетка для чистки дорог от пыли и грязи состоят из привода и барабана различной конструкции.

В ходе работы, проведен анализ характеристик гидромоторов для щеток, фрез, скалывателей льда (табл. 1).

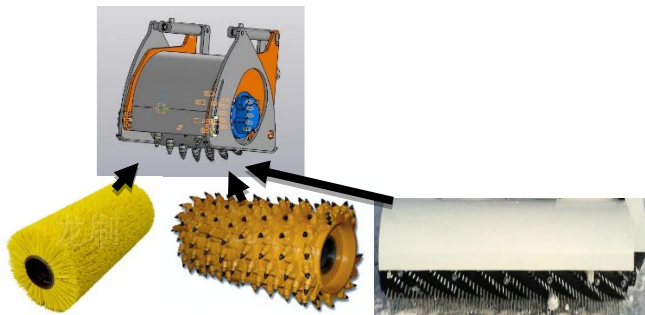
**Таблица 1. Сравнение характеристик гидромотора на различном оборудовании**

Оборудование	Производитель	Частота вращения	Мощность, кВт
Фреза	Simexpl 45.20	–	81
	EM 1000	–	55
	ROADTEC RX-10	–	81
	ФРЕЗА ДОРОЖНАЯ ФД-567	540	–
	Bitelli SF 60	308	67
Щетка	ЩЕТКА ЦМП-1,7/0,55	350	–
	БелДТ-8002	300	–
	Щетка с бункером Bobcat модель 84	215	–
	Щетка коммунальная ZKT-80/82 на трактор МТЗ 80/82	540–1000	35
	Щетка ЦД-01 (по гидромотору)	276	6
Скалыватель льда	Скалыватель льда УДМ-2000	250	80
	Скалыватель с приводом от ВОМ трактора	160	59

В таблице произведено сравнение частоты вращения и мощности гидромоторов, приводящих в движение данное оборудование, различных производителей техники. В результате сравнения можно сделать вывод о том, что полностью все оборудование можно не менять, а проводить замену только барабанов, на котором установлены резцы или ворсинки щетки, а гидромотор использовать один и тот же, так как диапазон не сильно отличается и можно подобрать гидромотор, который подойдет для всех трех барабанов. Таким образом, можно экономить на таком дорогом элементе, как гидромотор.



В дальнейшей работе поставлена задача – спроектировать рабочее оборудование на мини погрузчик с одинаковым приводом, замена рабочего органа на котором будет производиться заменой барабана. Рабочее оборудование с дорожной фрезой для ямочного ремонта представлена на рис. 2, конструкция будет удобна для работы с другими типами барабанов: щеточными и льдоскальвательными.



**Рис. 2. Рабочее оборудование**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хархута Н.Я. Дорожные машины. Теория, конструкция и расчет: Учебник для вузов. 2-е изд, доп. и перераб. Л., Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1976. 472 с.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ РЯДА ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ФРЕЗЫ ПИТАТЕЛЯ НА ЕЕ РАБОТУ  
В ОБЛАСТИ ЗАГРУЗОЧНОГО ОКНА**

**Н.Ю. Аюпова**

**Соискатель**

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет  
(СибАДИ)

*Рассматриваются особенности работы фрезы питателя фрезерно-роторного снегоочистителя в области загрузочного окна. Представлен характер изменений длины рабочего участка ленты фрезы в зависимости от угла захода и от числа заходов.*

***Ключевые слова:** фрезерно-роторный снегоочиститель, питатель, угол захода, число заходов, рабочий участок ленты фрезы.*

**ESTIMATION OF THE INFLUENCE OF A SERIES  
OF GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF THE FEEDER MILL  
ON ITS WORK IN THE AREA OF THE LOADING WINDOW**

**N.Yu. Ayupova**

**Applicant**

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)

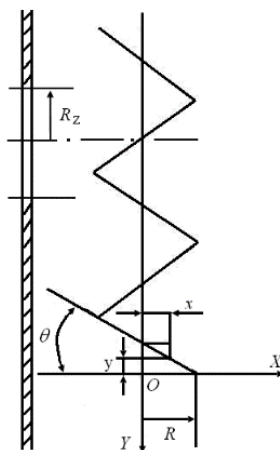
*The features of the work of the feeder cutter of a rotary-milling snowplow in the area of the loading window are considered. The nature of changes in the length of the working section of the cutter belt, depending on the angle of entry and on the number of passes is presented.*

***Keywords:** rotary milling snowplow, feeder, approach angle, number of approaches, working section of the cutter belt.*

Эффективность работы фрезы питателя фрезерно-роторного снегоочистителя (далее ФРС) зависит от ряда факторов, одним из которых является количество снежной массы загруженной в метательный аппарат ФРС [1, 2]. В свою очередь в качестве косвенного показателя эффективности процесса загрузки является длина участка ленты фрезы, которая находится в области загрузочного окна. Именно данный участок оказывает воздействие, под которым транспортируемая снежная масса поступает в загрузочное окно и далее в меж-

лопастное пространство металлического аппарата ФРС. Увеличение его длины обеспечивает поступление большего количества снежной массы в область загрузочного окна, при прочих равных условиях. Очевидно, что длина участка ленты фрезы, находящегося в области загрузочного окна зависит от геометрических параметров фрезы питателя.

Основными геометрическими параметрами фрезы питателя ФРС, позволяющими однозначно описать его форму, являются: радиус фрезы  $R$ , угол захода ленты фрезы  $\theta$ , ширина ленты фрезы  $b$ , число заходов ленты фрезы  $n$  (рис. 1).



**Рис. 1. Расчетная схема траектории движения точки фрезы**

Рассмотрим влияние угла захода и числа заходов ленты фрезы на длину участка ленты фрезы в области загрузочного окна.

В работах посвященных транспортированию сыпучих сред шнековыми механизмами отмечается, что с уменьшением угла захода витков шнека на выходе создается повышенное давление транспортируемой среды [3]. При увеличении угла захода, наоборот, на выходе возрастает ее скорость движения [3]. В работе [4] дается рекомендуемый диапазон угла захода ленты фрезы. Современные конструкции фрез питателей ФРС в большей своей части имеют угол захода в диапазоне от  $17^\circ$  до  $23^\circ$  [4].

Что касается числа заходов, то здесь, фрезы питателей маломощных ФРС, данный сегмент ФРС является наиболее массовым по количеству эксплуатируемых машин, имеют число заходов,  $n = 1 \dots 3$ . Необходимо отметить, что с увеличением мощности ФРС, растет и число заходов, что обуславливает необходимость введения дополнительного классификационного признака – число заходов у фрез питателей ФРС, в общую классификацию ФРС, пред-

ставленную в работах [4, 5]. В соответствии с данным классификационным признаком фрезы питателей ФРС подразделяются на однозаходные и многозаходные.

Длина участка ленты фрезы в области загрузочного окна может быть определена по известной формуле:

$$l^2 = 4\pi^2 R^2 (\delta_1 - \delta_2)^2 + (y_1 - y_2)^2, \quad (1)$$

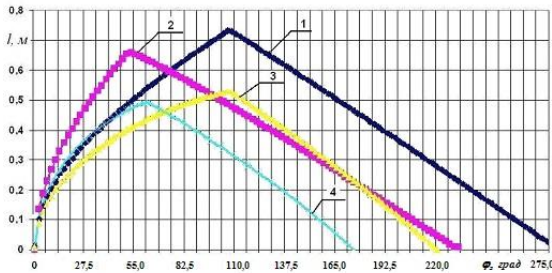
где  $R$  – радиус фрезы;  $\delta_1$  и  $\delta_2$  – угол между точками пересечения ленты фрезы и гранью загрузочного она и горизонтальной плоскостью;  $y_1$  и  $y_2$  – координаты точек пересечения по оси ОУ и принятой системой координат (см. рис. 1).

С учетом числа заходов суммарная длина участков ленты фрезы в области загрузочного окна определяется по формуле

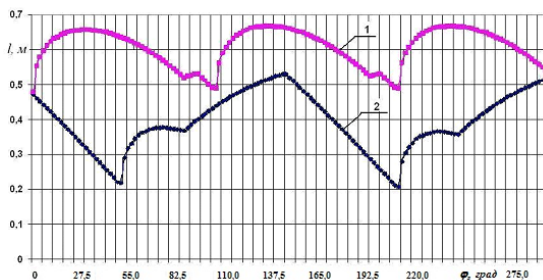
$$l = l_1(t) + l_2\left(t - \frac{2\pi}{n\omega}\right) + l_3\left(t - \frac{2\pi}{n\omega}\right), \quad (2)$$

где  $n$  – число заходов фрезы;  $l_1$ ,  $l_2$  и  $l_3$  – расстояние между двумя точками на ленте фрезы в области загрузочного окна для однозаходных, двухзаходных и трехзаходных фрез.

На рис. 2 представлено изменение длины рабочего участка ленты фрезы в зависимости от угла захода  $\theta$ , при различных радиусах загрузочного окна  $R_z$ , на рис. 3 – от числа заходов,  $n$ .



**Рис. 2. Изменение длины ленты фрезы в области загрузочного окна**  
 1 –  $\theta=17$  град,  $R_z = 0,3$  м; 2 –  $\theta=24$  град,  $R_z = 0,25$  м;  
 3 –  $\theta=17$  град,  $R_z = 0,25$  м; 4 –  $\theta=24$  град,  $R_z = 0,3$  м



**Рис. 3. Изменение длины ленты фрезы в области загрузочного окна:**  
1 – трехзаходная фреза; 2 – двухзаходная фреза

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы:

1. Уменьшение угла захода приводит к увеличению длины рабочего участка ленты фрезы в области загрузочного окна.
2. При увеличении числа заходов также увеличивается длина рабочего участка ленты фрезы в области загрузочного окна.
3. Указанные зависимости обуславливают возможное введение дополнительного классификационного признака – число заходов у фрезы питателя ФРС.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аюпова Н. Ю. Влияние кинематических характеристик питателя и базовой машины фрежно-роторного снегоочистителя на процесс отделения стружки / Н.Ю. Аюпова, Д.С. Алешков, Н.Ю. Урусова // Вестник СибАДИ. 2012. Вып. 5(27). С.7–10.
2. Aleshkov D. Aerodynamic characteristics of the milling and rotary snowblower feeder in the loading gate area / Aleshkov D., Sukovin M. // International review of mechanical engineering (IREME). 2017. Vol. 11. № 9. P. 701–708.
3. Груздев И.Э. Теория шнековых устройств / И.Э. Груздев, Р.Г. Мирзоев, В.И. Янков. Ленинград: Изд-во ЛГУ, 1978.
4. Машины для содержания и ремонта городских и автомобильных дорог: учебное пособие / В.И. Баловнев, В.И. Мещеряков, М.А. Беляев [и др.]. 2-е изд., доп. и перераб. М.; Омск: ОАО «Омский дом печати», 2005. 768 с.
5. Impact assessment of cutting velocity on specific energy consumption of ice fracture process with sharp disc / V.A. Ganzha, G.G. Voskresensky, Yu.F. Kaizer [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. Krasnoyarsk, Russian Federation, 2020. С. 42054.

## **РАСЧЕТ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ ФРЕЗЕРОВАНИЮ ГРУНТА РАБОЧИМ ОБОРУДОВАНИЕМ ЭКСКАВАТОРА**

**И.С. Кузнецов, А.И. Демидинко**

Научный руководитель – **А.И. Демидинко**, канд. техн. наук, профессор

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ)

*Рассматривается проблема подкопа магистрального трубопровода. По результатам создания математической модели рабочего оборудования составлена программа в среде MATLAB для расчета сил сопротивления.*

***Ключевые слова:** трубопровод, удаление грунта под трубопроводом, рабочее оборудование экскаватора, программный продукт, математическая модель.*

## **CALCULATION OF RESISTANCE FORCES MILLING THE SOIL BY WORKING EQUIPMENT OF THE EXCAVATOR**

**I.S. Kuznetsov, A.I. Demidenko**

Scientific Supervisor – **A.I. Demidenko**, Candidate of Technical Sciences, Professor

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)

*The problem of undermining of the main pipeline is considered. Based on the results of creating a mathematical model of the working equipment, a program was compiled in the MATLAB environment to calculate the resistance forces.*

***Keywords:** pipeline, removal of soil under the pipeline, working equipment of the excavator, software, mathematical model.*

Проблема подкопа магистральных трубопроводов при проведении их ремонта актуальна в связи с тем, что существующие технические решения имеют ряд существенных недостатков [1]. В связи с этим было разработано и представлено рабочее оборудование одноковшового экскаватора, устанавливаемое вместо ковша, предназначенное для удаления грунта под газо- или нефтепроводом, расположенным под землей [2].

В целях упрощения разработки промышленного образца рабочего оборудования была составлена программа в среде MATLAB.

В разработанной программе производится расчет по зависимостям, полученным в результате математического моделирования взаимодействия фрезерного рабочего оборудования с разрабатываемым грунтом (рис. 1). Это дает возможность определить режимные параметры навесного оборудования на этапе проектирования с учетом свойств грунта и основных конструктивных размеров.

```

17 %суммарная площадь осевых сечений цилиндров, мм^2
18 Hsr=8*11.5/2+27*45/2;
19 %коэффициент трения грунта о сталь
20 m0=0.3;
21 %плотность неразрушенного грунта,кг/м^3
22 Gamma0=1600;
23 %плотность разрушенного грунта,кг/м^3
24 Gamma=1400;
25 %коэффициент сжимаемости
26 b1=0.998;
27 %скорость заглубления.м/с
28 vz=0.001;
29 %количество резцов на ряду
30 nr=2; % n<7
31 %радиус вращения резцов,м
32 R=0.1;

```

Рис. 1. Окно ввода данных

В качестве примера были заданы следующие исходные данные:

- площадь поверхности резца,  $H_{sr} = 653 \text{ мм}^2$ ;
- коэффициент трения грунта о сталь,  $m_0 = 0,3$ ;
- плотность неразрушенного грунта,  $G_0 = 1600 \text{ кг/м}^3$ ;
- плотность разрушенного грунта,  $G = 1400 \text{ кг/м}^3$ ;
- коэффициент сжимаемости,  $b_1 = 0,998$ ;
- скорость заглубления,  $v_z = 0,001 \text{ м/с}$ ;
- количество резцов в ряду  $n_r = 2 \text{ шт.}$ ;
- радиус вращения резцов,  $R = 0,1 \text{ м}$ ;
- угловая скорость вращения шнека  $\omega = \pi = 3,14 \text{ рад/с}$ .

Результаты работы программы в виде графиков открываются в дополнительных окнах (рис. 2–4).

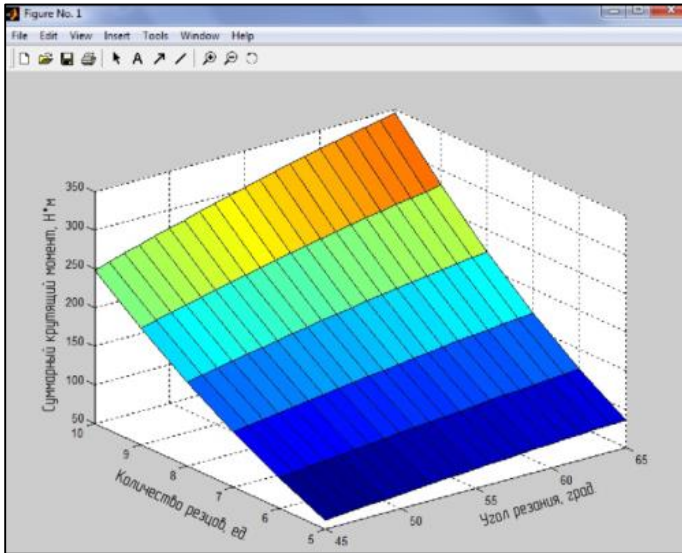


Рис. 2. Окно результатов 1

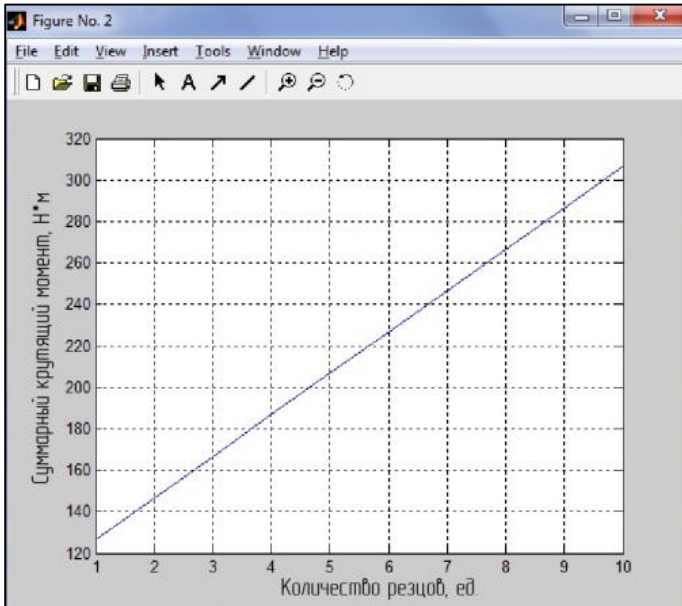
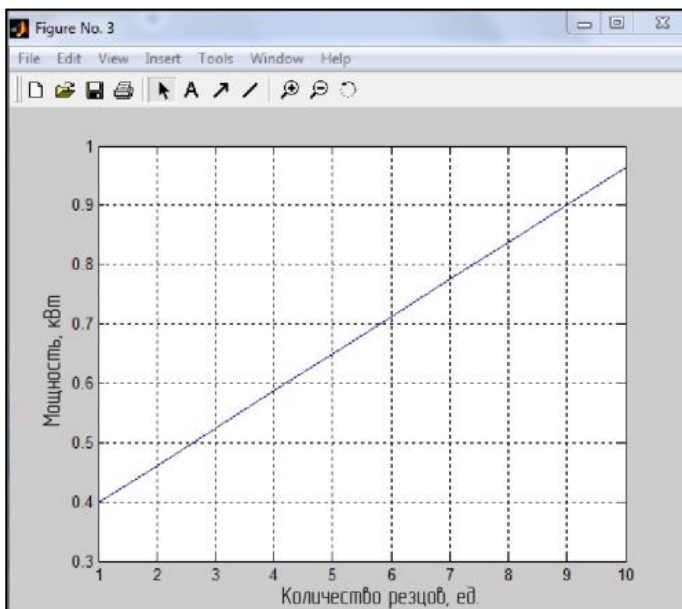


Рис. 3. Окно результатов 2





**Рис. 4. Окно результатов 3**

На представленную разработку получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2021611343/69.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов И.С. Анализ методов подкопа трубопровода // Сб. науч. тр. II междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных «Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных». 8–9 февраля 2018 года. Омск: Изд-во СибАДИ, 2018. С. 42–45. URL: <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd516.pdf>
2. Кузнецов И.С. Рабочее оборудование для подкопа нефтепровода // Сб. материалов III междунар. науч.-практ. конф. «Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации». 29–30 ноября 2018 года. Омск: Изд-во СибАДИ, 2018. С. 42–45. URL: <http://bek.sibadi.org/fulltext/esd516.pdf>
3. РД 39-00147105-015-98 Правила капитального ремонта магистральных нефтепроводов / А.Г. Гумеров, Р.С. Гумеров, Х.А. Азметов, Р.Г. Хамматов, М.Н. Галеев, Г.К. Ермилина. 1998. 148 с.

## ОБОРУДОВАНИЕ РОТОРНОГО КУСТОРЕЗА

**А.В. Соболева, Д.И. Фурманов**

Научный руководитель – **Д.И. Фурманов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается навесное фрезерное оборудование – роторный кусторез, его особенности конструкции, основные характеристики и пути дальнейшей модернизации.*

*Описана конструкция навесного мульчера на экскаваторе. Оборудование представляет собой ротор с дисками и фиксированными на них резцами.*

**Ключевые слова:** *мульчер, роторный кусторез, фрезерное оборудование для измельчения.*

## ROTARY BRUSH CUTTER EQUIPMENT

**A.V. Soboleva, D.I. Furmanov**

Scientific Supervisor - **D.I. Furmanov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article considers mounted milling equipment-a rotary brush cutter, its design features, main characteristics and ways of further modernization.*

*The design of a mounted mulcher on an excavator is described. The equipment is a rotor with disks and cutters fixed on them.*

**Keywords:** *mulcher, rotary brush cutter, milling equipment for grinding.*

При очистке территории от растительности, в случаях, когда собирать щепу не планируется, а приоритетом является скорость вырубki, широко используется мульчерная установка.

Данное оборудование может агрегатироваться с экскаваторами или с тракторами. Существует также вариант установки на фронтальные погрузчики. Такая конструкция, как правило, устанавливается при помощи плиты крепления, с возможностью поворота навески, что позволяет срезать и измельчать подлесок, стволы и пни практически любого диаметра за несколько проходов, даже в местах со сложным рельефом.

Из анализа российского рынка мульчеров можно выделить следующие проблемы: российские предприятия не производят мульчерного оборудования;

высокая цена на мульчер и ее рост, в частности из-за роста валюты и растаможивание; сложности с закупкой запасных частей и расходных материалов.

Из патентного анализа выявлены возможные пути модернизации роторного кустореза, такие как: повышение эффективности резания, за счет улучшения резца; повышение надежности; повышение безопасности проводимых работ; упрощение и удешевление конструкции; повышение производительности;

Использование навесного фрезерного оборудования, на гусеничном экскаваторе, имеет ряд преимуществ, таких как: высокая производительность; достаточно высокая рентабельность, за счет выполнения ряда операций одним устройством; возможность работать в зонах со сложным рельефом; нанесение меньшего вреда природе, чем бульдозерная валка, выжигание или применение гербицидов; минимальное повреждение поверхностного слоя почвы, что не вызывает эрозию.

Разработанная конструкция представляет собой навесное оборудование, которое устанавливается на базовую машину, на гусеничном ходу, а именно на экскаватор с минимальной мощностью 75 кВт или 100 л.с. и минимальным весом 10000 кг.

Спроектированное оборудование работает от гидравлической системы экскаватора, которая обеспечивает подачу гидравлической жидкости к оборудованию. На экскаваторе установлены три гидравлические линии, в том числе: напорная, сливная и дренажная.

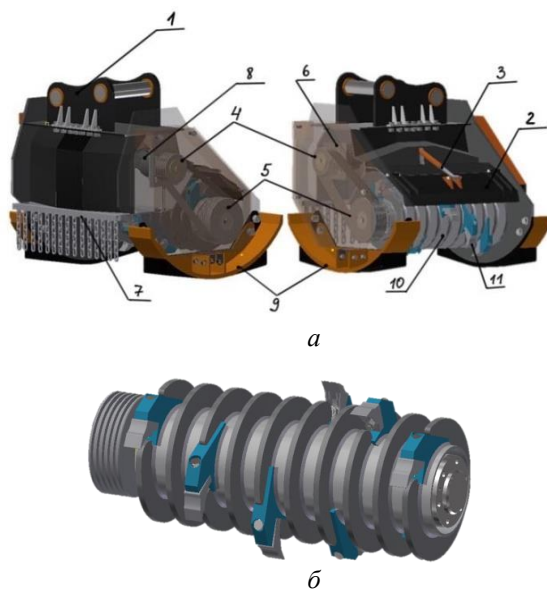
Для обеспечения быстрой смены оборудования используется ручной способ фиксации.

В среде разработки Autodesk Inventor Professional, была спроектирована модель роторного кустореза, конструкция которого представлена на рис. 1.

Разработанная модель роторного кустореза устанавливается на стрелу экскаватора при помощи крепежной плиты- адаптера 1. Капот 2 корпуса, приводится в движение за счет работы механизма подъема 3 для того, чтобы иметь возможность установки нужной степени измельчения материала. Для защиты резцов от контакта с грунтом, корпус оснащен салазками 9, а также шторкой из цепей 7, для предотвращения рассеивания щепы и веток. Для регулировки натяжения ремней, установлен натяжитель ремней 6.

Установка приводится в действие от нерегулируемого аксиально-поршневого гидромотора 310.3.80.00.06(8), который в свою очередь начинает работу, от поступающего в него, из экскаватора, гидравлического масла. Затем приводятся в движение шкивы 4, 5 клиновой передачи ротора 10.

Вал ротора устанавливается в раму мульчера, через соединение боковой стенки с корпусом подшипниковых узлов.



**Рис. 1. 3D-модель роторного кустореза (а) и 3D-модель ротора (б)**

Фиксированные резцы 11 (см. рис. 1) кустореза изготовлены из легированной стали – ХВ4Ф, которая проходит термическую обработку - закалку, для прочности и защиты от быстрого износа. Преимущество таких резцов в том, что благодаря им увеличивается производительность, за счет более глубокой работы и за счет большого вырывного усилия.

Заклучение: таким образом, разработанная конструкция даст возможность закупать оборудование на российском рынке, использовать отечественные запчасти и расходные материалы, что существенно скажется на экономической части, а именно: снизятся денежные затраты и повысится рентабельность.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малюков. С. В. Анализ конструкций мульчеров и ротоваторов / С. В. Малюков, Е. А. Панявина, А. А. Аксенов // Лесохозяйственная информация. 2019. №1.
2. Вавилов А. В. Эффективное рабочее оборудование для расчистки полосы отвода дорог от древесной растительности и производства мульчи / А.В. Вавилов, Е.А. Лабанов // Труды БГТУ. Сер. 1. 2019. №2.
3. Платонов А.А. Технологические процессы удаления нежелательной растительности различными средствами механизации // Resources and Technology. 2017. Т.14, № 2. С. 33-48.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПЛОТНЕНИЯ НЕСВЯЗНЫХ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

**Ю.П. Иванова, В.В. Дубков**

Научный руководитель – **В.В. Дубков**, канд. техн. наук, доцент

Сибирский автомобильно-дорожный университет («СибАДИ»)

*Рассмотрена конструкция кулачкового вальца катка с осциляторным вибрационным механизмом (совместное действие крутильных колебаний и вертикальной статической нагрузки) и способствующая повышению производительности кулачкового катка за счет уменьшения количества проходов, требуемых для достижения нормативной плотности.*

**Ключевые слова:** уплотнение дорожно-строительных материалов, осциляторные, вибрационные катки, дебалансные валы.

## IMPROVING THE EFFICIENCY OF SEALING NON-CONNECTIVE ROAD CONSTRUCTION MATERIALS

**J.P. Ivanova, V.V. Dubkov**

Research Supervisor - **V.V. Dubkov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Siberian State Automobile and Highway University (SibADI)

*The design of a cam roller of a roller with an oscillatory vibration mechanism (joint action of torsional vibrations and vertical static load) and contributing to an increase in the performance of a cam roller by reducing the number of passes required to achieve the standard density is considered.*

**Keywords:** compaction of road-building materials, oscillatory, vibration rollers, unbalanced shafts.

Уплотнение может производиться различными катками: статистического, вибрационного, комбинированного и осциляторного действия [1]. Каждый вид катка для уплотнения имеет свои преимущества и недостатки.

Принцип работы осциляторного катка состоит в уплотнении материала вращательными колебаниями вокруг собственной оси за счет повторяющихся реверсивных сдвиговых деформаций материала при одновременном и, что очень важно, постоянном действии вертикальной нагрузки от веса катка.

Снижение энергоемкости уплотнения дорожно-строительных материалов и повышение эффективности работы вибрационного катка можно достичь за счет возможности изменения момента крутильных колебаний при изменении частоты вращения дебалансных валов вальца.

Это может быть достигнуто тем, что кулачковый валец дорожного катка снабжен двумя oppositно расположенными дебалансными валами со смещенными на  $180^\circ$  эксцентрикковыми массами.

Такая конструкция позволит изменять величину крутильных колебаний вибровозбудителя в процессе уплотнения грунтов.

При вращении дебалансные валы создают колебания, которые через валец передаются на уплотняемый материал, тем самым снижая внутреннее трение в материале и сцепление между его частицами, что снижает сопротивление материала уплотнению.

Эффективность уплотнения материала вальцом осцилляторного катка будет зависеть от сцепления рабочего органа с уплотняемым материалом. То есть, должно выполняться условие, связанное с возможностью преодоления вальцом сопротивления материала сдвигу и с исключением или сведением к минимуму бесполезной его вращательной пробуксовки (проскальзывания), которая нежелательна из-за снижения уплотняющей эффективности и возможного износа его поверхности за счет абразивного истирания. Это условие выражается через моменты действующих сил на вальце относительно его оси рассмотрено в работах М.П. Костельова [5, 6].

Данное условие выглядит так:

$$M_0 \cdot \sin \omega t \geq M_w \leq M_T, \quad (1)$$

Рассчитаем угол равнодействующей силы для катка ДУ-94 с бандажом кулачковым двухсекционным.

Моменты силы сцепления вальца с уплотняемой поверхностью:

$$M_{\text{сц}} = m_{\text{в.в}} \cdot g \cdot \varphi_{\text{сц}} \cdot R, \quad (2)$$

Момент крутильных колебаний от двух дебалансных валов равен:

$$M_{\text{вр}} = m_6 \cdot r_6 \cdot \omega_6^2 \cdot l \cdot \sin \omega t, \quad (3)$$

Запишем условие (1) таким образом:

$$M_{\text{вр}} \geq M_{\text{сц}}.$$

$$m_{\text{в.в}} \cdot g \cdot \varphi_{\text{сц}} \cdot R = m_6 \cdot r_6 \cdot \omega_6^2 \cdot l \cdot \sin \omega t.$$

Таким же образом получим выражения для определения массы дебалансов боковых валов, при известных параметрах и радиуса дебалансов боковых валов:

$$m_{\delta} = \frac{m_{\text{в.в}} \cdot g \cdot \varphi_{\text{сц}} \cdot R}{r_{\delta} \cdot \omega_{\delta}^2 \cdot l \cdot \sin \omega t}, \quad (10)$$

Полученная расчетная формула показывает зависимость массы боковых дебалансов от массы вальца, частоты вращения боковых дебалансных валов, вертикальной силы действующей на валец и расстояния между осями дебалансных валов.

Далее рассчитываем суммарную равнодействующую силу  $F^E$ :

$$F^E = Q_{\text{сц}} + P. \quad (11)$$

Определяем угол равнодействующей силы  $F^E$  по формуле

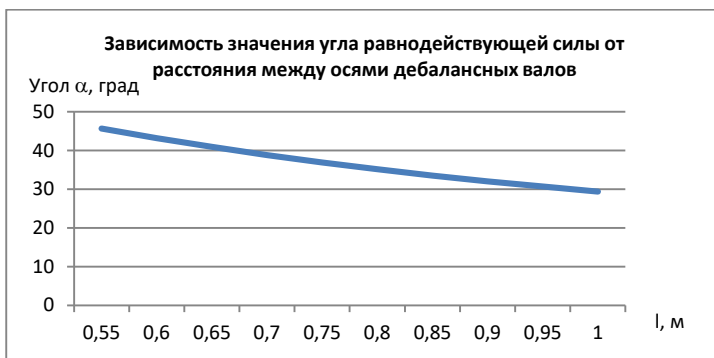
$$\sin \alpha = \frac{P}{F^E}. \quad (12)$$

Нормативное значение угла внутреннего трения для супеси  $\alpha = 20 \dots 25^\circ$  [7].

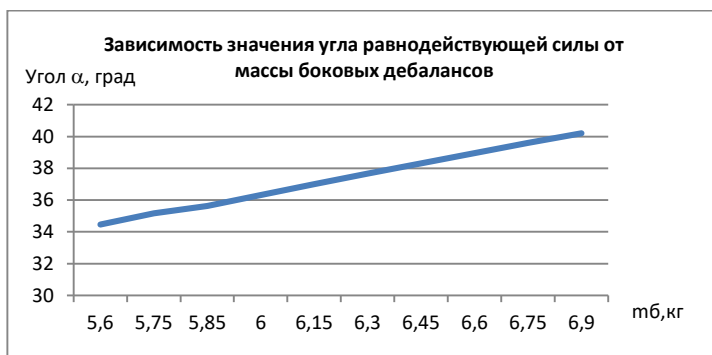
Рассмотрим зависимости угла равнодействующей силы от частоты вращения, расстояния между осями боковых дебалансов и массы боковых дебалансов.



**Рис. 1. Зависимость значения угла равнодействующей силы от частоты вращения**



**Рис. 2. Зависимость значения угла равнодействующей силы от расстояния между осями дебалансных валов**



**Рис. 3. Зависимость значения угла равнодействующей силы от массы дебалансов**

Из полученных зависимостей можно сделать вывод, что наибольшее влияние на угол равнодействующей силы оказывает частота вращения. При увеличении частоты вращения и массы боковых дебалансов угол равнодействующей силы увеличивается, а при увеличении расстояния между ними – уменьшается.

Полученные расчетные формулы показывают зависимость радиуса и массы боковых дебалансов в зависимости от массы вальца, частоты вращения боковых дебалансных валов, вертикальной силы действующей на валец и расстояния между осями дебалансных валов.

Конструкция кулачкового вальца катка проявляет в себе положительные качества осцилляторных (совместное действие крутильных колебаний и статической нагрузки). Указанные качества способствуют повышению производи-



тельности кулачкового катка за счет уменьшения количества проходов, требуемых для достижения нормативной плотности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дубков В.В.* Повышение эффективности уплотнения дорожно-строительных материалов осциляторно-вибрационным катком. / В.В. Дубков, К.А. Медведева // *Техника и технологии строительства*. 2015. Т. 1. С. 49-53.
2. *Костельов М.П.* Новый способ уплотнения дорожно-строительных материалов // *Автомобильные дороги*. 1991. №6. С.13-15.
3. *Костельов, М.П.* Уплотнению асфальтобетона требуется обновленное поколение дорожных катков // *Дорожная техника и технология: Каталог-справочник*. 2003. С. 12–22.

## МЕТОДИКА ПОДБОРА РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ АКВАГРЕЙДЕРА

**Д.А. Чебанов, Н.А. Шишин**

Научные руководители – **А.М. Погонина**, канд. техн. наук;  
**С.А. Павлов**, канд. техн. наук, доцент

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)

*В статье представлены результаты разработки специальной техники для проведения работ по укреплению и обработки береговой линии водоемов. Описаны основные критерии подбора рабочего оборудования и представлена программа по автоматизированному подбору.*

***Ключевые слова:** профилирование берегов, 3D-модель, аквагрейдер, паромно-мостовая машина, фрезерное оборудование, программа подбора оборудования.*

## METHODOLOGY OF SELECTING WORKING EQUIPMENT OF AQUAGRADER

**D.A. Chebanov, N.A. Shishin**

Scientific Supervisor – **A.M. Pogonina**, Candidate of Technical Sciences; **S.A. Pavlov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

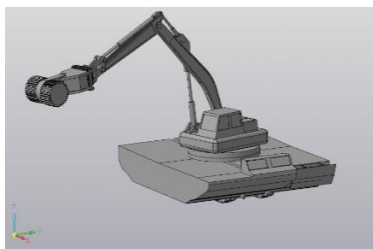
Moscow Automobile and Highway State Technical University

*The article presents the results of the development of special equipment for the strengthening and treatment of the coastline of reservoirs. The main criteria for the selection of working equipment are described and a program for automated selection is presented.*

***Keywords:** coastal profiling, 3D model, aqua grader, ferry bridge machine, milling equipment, equipment selection program.*

Проблема содержания берегов гидроаэродромов сегодня очень актуальна. Абразия береговых линий водоемов влияет на работоспособность водной гавани, коммуникации, инженерные объекты, акваторию и сами водоемы. Для предотвращения последствий разрушения берегов часто требуется целая система технических мер по механическому укреплению откосов, большое количество задействованной техники и человеческих ресурсов.

В качестве решения данной проблемы разработан проект специальной машины «аквагрейдер», который позволит сделать процесс очистки и профилирования берегов водоемов менее энергозатратным, на его реализацию потребуется меньше трудозатрат [1, 2].



**Рис. 1. Аквагрейдер с фрезерным оборудованием**

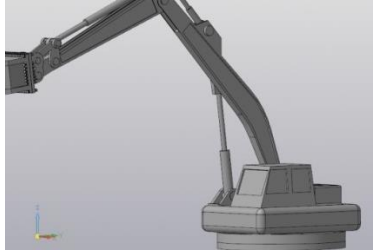
Машина имеет трехместную кабину с фильтровентиляционной установкой, радиостанцией. В качестве водометного двигателя используются два гребных винта, обеспечивающих на воде высокую маневренность (радиус циркуляции 28 м) (рис. 1).

Рабочая платформа аквагрейдера, представляющая собой поворотную платформу с установленной на нее кабиной экскаватора, отсеком для двигателя и гидросистемы, и стрелой, устанавливается на ПММ-2, в разложенном положении, в специальные направляющие в виде углублений в корпусе машины, и фиксируется. Платформа имеет две степени свободы – перемещение вдоль продольной оси ПММ и вращение вокруг собственной оси. Данная опция позволяет увеличить рабочую базу разрабатываемой спецмашины и производить работы с максимальной производительностью. После установки платформы, на стрелу монтируют необходимое для проведения требуемых работ, оборудование (рис. 2).

Реализация разрабатываемого проекта аквагрейдера состоит в улучшении экологии прибрежной зоны, очистке и предотвращении заболачивания водоема. Обеспечивается защита береговой зоны от эрозии и размыва, а также повышение прочности откосов берегов и предотвращение вынесения в водоем твердого стока из берегового склона под действием прилива и дождевых потоков [3-5].

В комплекте рабочего оборудования для аквагрейдера предусматривается наличие следующих агрегатов:

- роторная фреза, предназначена для неглубокой обработки грунта;
- ковш, используется для зачистки русел рек, водоемов и каналов от ила, мусора, прочих растительных отложений;
- грабли – предназначены для очистки водоемов от тины, водорослей и мусора.



**Рис. 2. Рабочая платформа**

Для автоматизации подбора рабочего оборудования манипулятора аквагрейдера, исходя из определенных критериев, была создана программа в формате Excel.

В качестве критериев были выбраны параметры, от которых зависит тип выбираемого сменного оборудования и его функции:

Классификация берегов:

1. По высоте берега:

- высокие,
- низкие.

2. По типу грунта:

- глинистые,
- супесь,
- суглинок,
- глина,
- песчаные (гравелистый, крупный, мелкий, средний, пылеватый),
- крупнообломочный (валунный, щебенистый, галечниковый, гравийный, дресвяный).

3. По отвесности:

- обрывистые,
- наклонные,
- пологие.

Классификация водоема:

1. По типу происхождения:

- природные (океан, море, озеро, река),
- искусственные (пруд, водохранилище, канал).

2. По скорости течения:

- 0 м/с (штиль),
- до 2,5 м/с,
- более 2,5 м/с.

3. По наличию волн:

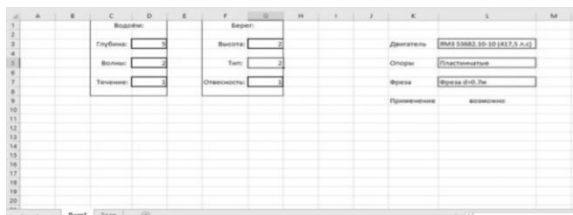
- отсутствие,

- до 2-х баллов,
- более 2-х баллов.

#### 4. По глубине:

- 0–2 м,
- 2–5 м.

На основе вводных данных, условий работы машины, типа водоема, наличия волн, отвесности берегового ската, типа грунта, скорости течения и т.д., данная программа проводит анализ и подбирает необходимый набор оборудования и агрегатов для работы машины (рис. 2).



**Рис. 3. Результаты подбора оборудования**

Благодаря разработанной методике расчет и автоматизация подбора рабочего оборудования в программе Excel упрощает процесс выбора исходя из заданных параметров.

Разработанная модель спецтехники – аквагрейдер решает вопрос с профилированием берегов, сокращает использование ручного труда без нанесения значительного урона экологической обстановке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бородачев И.П.* Справочник конструктора дорожных машин. М.: Машиностроение, 1973. 725 с.
2. *Ветров Ю.А.* Машины для земляных работ. Киев: Вища школа, 1981. 280 с.
3. *Волков Д.П.* Машины для земляных работ. М.: Машиностроение, 1992. 213 с.
4. *Мамаков А.П.* Краткий справочник по СДМ и специальным машинам / А.П. Мамаков, А.К. Глазов. М.: Машиностроение, 1986. 198 с.
5. *Кузин Э.Н.* Строительные машины. Том 1. М.: Машиностроение, 1991. 244 с.

**РАЗРАБОТКА РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ КРИОГЕННОГО  
БЛАСТИНГА ДЛЯ ОЧИСТКИ СВЕТОВЫХ ОГНЕЙ  
И МАРКИРОВКИ АЭРОДРОМА**

**Н.С. Герасимов, И.А. Ефимкин**

Научные руководители – **А.М. Погонина**, канд. техн. наук;  
**С.А. Павлов**, канд. техн. наук, доцент

Московский автомобильно-дорожный государственный  
технический университет (МАДИ)

*В работе описывается процесс удаления загрязнений с твердых покрытий аэродрома, со светосигнального оборудования с помощью криогенного бластинга. Представлен проект конструкции навесного оборудования. Выделены преимущества предлагаемого способа очистки твердых покрытий, маркировочных знаков и светосигнального оборудования.*

***Ключевые слова:** криогенный бластинг, загрязнение маркировочных знаков, очистка покрытия.*

**DEVELOPMENT OF WORKING EQUIPMENT  
FOR CRYOGENIC BLASTING FOR CLEANING LIGHTS  
AND MARKING OF AERODROM**

**N.S. Gerasimov, I.A. Efimkin**

Scientific Supervisor – **A.M. Pogonina**, Candidate of Technical  
Sciences; **S.A. Pavlov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Moscow Automobile and Highway State Technical University

*The paper describes the process of removing contaminants from hard surfaces of an airfield, from lighting equipment using cryogenic blasting. A project for the construction of attachments is presented. The advantages of the proposed method for cleaning hard coatings, markings and light-signaling equipment are highlighted.*

***Keywords:** cryogenic blasting, marking contamination, coating cleaning.*

Загрязнение аэродромных знаков и светосигнального оборудования

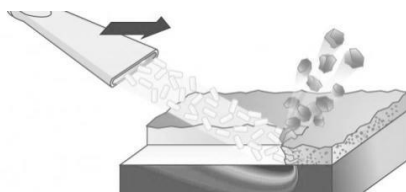
приводит к ухудшению видимости, возникновению неверных путевых маневров и последующих аварийных ситуаций.

В качестве решения данной проблемы разработан проект конструкции навесного устройства криогенного бластинга для очистки горизонтальных и вертикальных поверхностей с помощью двух взаимозаменяемых рампы и сухого льда, подаваемого под давлением.

Навесное устройство криогенного бластинга предлагается использовать для очистки аэродромных знаков и светового оборудования, твердых покрытий перрона, взлетно-посадочной полосы.

Применение сухого льда не наносит повреждений твердому покрытию, в отличие от песка или другого абразивного материала. Загрязнение удаляется с помощью термического и механического воздействия. Метод считается эффективным, поскольку после обработки не требуется дополнительная утилизация распыляемого вещества.

Процесс углекислотной очистки покрытия состоит в следующем: сухой лед ускоряют сжатым воздухом, частицы ударяются об загрязненную поверхность с последующим ее очищением (рис. 1). В этом струйная очистка сухим льдом аналогична пескоструйной обработке. Сталкиваясь с поверхностью, частицы сухого льда испаряются, параллельно с этим процессом происходит скорый процесс теплообмена между поверхностью и гранулами сухого льда. Влага в процессе углекислотной очистки не образуется. Газ, расширяясь в сотни раз в сравнении с объемом гранулированного сухого льда за несколько миллисекунд. Происходит микровзрыв в точке удара гранулами, и под воздействием этого процесса загрязнение разрушается [2, 3].



**Рис. 1.** Принципиальная схема очистки сухим льдом

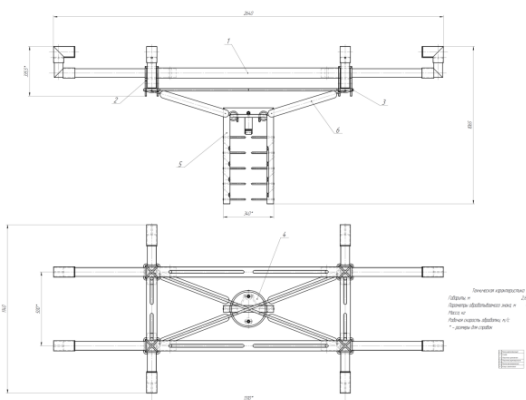
Удаляемые загрязнения или испаряются или разрушаются до состояния мелких частиц (0,3-1,5 мм). В результате проведенных исследований установлено, что резкое понижение температуры происходит только на поверхности. Замеры по термопарам, погруженным в основной материал на глубину 2 мм, показали падение температуры на 12 градусов в течение 35 с.

При бомбардировании поверхности под прямым углом и с высокой скоростью удара частицами сухого льда, кинетическая энергия самих частиц будет минимальной в сравнении с другими абразивными материалами (песок, стеклянные шарики и т.д.). Это объясняется малой плотностью и твердостью

частиц сухого льда, и относительно короткой фазой перехода из твердого тела в газ при ударе. Использование сухого льда при очистке покрытия не повреждают поверхность при удалении загрязнений.

Размер частиц сухого льда, используемых в криогенной очистке, варьируется в диапазоне 0,15-0,32 см диаметром, и 0,22-1 см в длину. В зависимости от размера определяется скорость их использования. Маленькие частицы должны быть использованы скорее для предотвращения быстрого испарения.

Предлагаемая конструкция рабочего оборудования состоит из прокатного профиля, круглого и квадратного сечения, жестко соединённые между собой сваркой и некоторыми пружинными связями для изменения соединительных геометрических размеров под различные типы люлек. Само устройство служит для точного определения в пространстве необходимой области очистки, которая локализована на рампе распределения в виде установочных отверстий для форсунок оборудования криогенного бластинга (рис. 2). Механизм очистки основан на взаимодействии частиц сухого льда, подаваемого давлением сжатого воздуха через трубопровод и форсунки, с загрязненной поверхностью посредством микровзрывов данных частиц. Так как в распределяющей рейке, в предлагаемой конструкции устройства предусмотрено 8 отверстий под 8 форсунок. Данная технология обеспечивает полное удаление любого типа загрязнений с твердых поверхностей и обеспечивает экологическую безопасность, так как частицы сухого льда после микровзрыва испаряются в атмосферу и не загрязняют окружающую среду с областью работы абразивом, что крайне удобно [4].



**Рис. 2. Устройство криогенного бластинга для аэродромных знаков**

Устройство может крепиться на обычный телескопический подъемник к нижней поверхности люльки (рис. 3).





**Рис. 3. Телескопический подъемник**

В заключении выделим основные преимущества предлагаемой конструкции для использования криогенного бластинга:

Рассматриваемый вид чистки был одобрен Управлением по санитарному надзору и Управлением по охране окружающей среды РФ в области допустимых методов и качества очистки [1];

- в процессе струйной чистки сухим льдом отсутствуют значительные выбросы вредных газов;

- чистка сухим льдом уникальна по причине полного отсутствия вторичных загрязнений;

- данный вид обработки безопасен, не токсичен, поскольку гранулы бесследно рассеиваются после соприкосновения с поверхностью;

Струйная обработка сухим льдом – отличная альтернатива способам, использующим химические чистящие вещества, негативно влияющие на экологию окружающей среды и организм человека.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (ред. от 26.07.2019) "Об охране окружающей среды" // Собрание законодательства РФ. 2019. № 11. Ст. 65.
2. *Анурьев В.И.* Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т. 3. 9-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2014. 559 с.
3. *Кононов А.А.* Гидравлика. Гидромашины и гидропривод: Методические указания к выполнению курсовой работы / А.А. Кононов, С.М. Ермашонок. М.: Братск: БрГТУ, 2013. 62 с.
4. *Наземцев А.С.* Пневматические и гидравлические приводы и системы. Часть 2. Гидравлические приводы и системы. Основы. Учебное пособие / А.С. Наземцев, Д.Е. Рыбальченко. М.: ФОРУМ, 2014. 216 с.

# СЕКЦИЯ «ДОРОЖНЫЙ И АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ»

УДК 629.331

## ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРОДА В АВТОМОБИЛЯХ

**Е.Р. Ершова, А.В. Соколов**

Научный руководитель – **А.В. Соколов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается применение водорода в автомобилях, а также его плюсы и минусы. Перспективность применения водорода для автомобильных двигателей, определяется прежде всего экологической чистотой; неограниченностью и возобновляемостью сырьевых запасов.*

***Ключевые слова:** перспективность применения водорода, автомобильные двигатели, экологическая чистота; неограниченность и возобновляемость.*

## THE USE OF HYDROGEN IN CARS

**E. R. Yershova, A.V. Sokolov**

Scientific Supervisor – **A.V. Sokolov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The use of hydrogen in cars, as well as its pros and cons, is considered. The prospects for the use of hydrogen for automobile engines are determined primarily by environmental cleanliness; unlimited and renewable raw materials.*

***Keywords:** prospects for the use of hydrogen, automobile engines, environmental cleanliness; unlimited and renewable.*

Вопросом использования водорода как топлива заинтересовались ученые еще в начале XIX века. Первым изобретателем водородного двигателя был французский конструктор Франсуа Исаак де Риваз. А в середине XIX века такие же исследования проводились в Великобритании и Германии. На протяжении многих лет изобретение водородного двигателя не покидало головы ученых и конструкторов.

Самыми основными аспектами применения водорода на автомобильных двигателях являются: экологичность; неограниченности возобновляемость сырьевых запасов.

Применение водорода в качестве топлива для автомобилей позволит решить одну из глобальных проблем – это загрязнение окружающей среды выхлопными газами от применения бензиновых и дизельных ДВС. В качестве водородного топлива может применяться:

- сам водород;
- водород совместно с традиционными нефтяными топливами;
- водород как топлива в топливных элементах.

Для практического применения значение имеет преобразование химической энергии органического топлива в электрическую – создание топливных элементов. Распространены низкотемпературные топливные элементы с жидким электролитом. Электролит представляет собой концентрированные растворы серной или фосфорной кислот и щелочей. Топливом в элементах служит водород, окислителем – кислород.

Основные преимущества топливных элементов:

- высокая эффективность прямого преобразования химической энергии топлива (водорода) и окислителя (кислорода) в электроэнергию;
- высокие удельные массовые характеристики
- большая плотность тока;
- низкая рабочая температура. Это позволяет быстро запускать и достигать максимальной мощности;
- возможность многократных перегрузок по току;
- высокий уровень отработки (для щелочных топливных элементов).

Эксперты связывают «водородное будущее» автотранспорта прежде всего с топливными элементами. Водород и кислород соединяются в «ящике с мембраной» (так упрощенно можно представить топливный элемент) и получают водяной пар плюс электричество[1].

Для повышения экологической чистоты бензиновых двигателей внутреннего сгорания и их экономичности до уровня дизельных двигателей было предложено использовать водород в качестве основного моторного топлива или как добавки к бензину.

Известный научно-технический опыт использования водорода в качестве топлива для ДВС показывает, что водород совместим с существующей базовой конструкцией поршневого двигателя. При этом водород кардинально улучшает экологическую эксплуатационную характеристику и имеет широкую сырьевую базу. Организация рабочего процесса двигателя, работающего на водороде или с его добавкой к другим топливам, имеет особенности и требует разработки новых способов топливоподачи.

При сгорании водорода в двигателе образуется практически только вода, и в этом отношении двигатель на водородном топливе является наиболее

экологически чистым. Также водород имеет высокие энергетические свойства – низшая теплота сгорания водорода составляет 120 МДж/кг. Кроме того, перевод на водород обычных двигателей внутреннего сгорания повышает термический КПД и улучшает гибкость работы. Это происходит потому, что водород обладает широким диапазоном пропорций смешивания его с воздухом, при которых еще возможен поджог смеси. Водород сгорает полнее, даже вблизи стенок цилиндра, где в бензиновых двигателях остается несгоревшая рабочая смесь.

Исследования в области применения водорода для ДВС отличаются широким спектром вариантов использования водорода для двигателей внешнего и внутреннего смесеобразования: использование водорода в качестве присадки, частичное замещение топлива водородом и работа двигателя только на водороде [1].

#### **Плюсы использования водорода в качестве автомобильного топлива**

1. Чтобы мотор, работающий на бензине или дизеле, перевести на новый вид топлива, необходимы минимальные изменения в конструкции двигателя.
2. Отсутствие вредных выбросов в атмосферу.
3. Водород - распространённый элемент на планете. Он может быть получен даже из отходов и сточных вод.
4. Водород может применяться не только в ДВС. Его можно применять в так называемых «топливных элементах».
5. Использование водорода может происходить в различных силовых установках.

#### **Минусы использования водорода в качестве автомобильного топлива**

1. В чистом виде газообразный водород найти сегодня практически невозможно. Этот газ необычайно легок. Поэтому в чистом виде он очень быстро поднимается к верхним слоям атмосферы.
2. Отсутствует развитая инфраструктура для заправки водорода. Также стоимость оборудования для водородных АЗС в разы выше, чем для обычных АЗС, где заправляются бензиновым и дизельным топливом.
3. Водород моментально возгорается даже от небольшой искры статического электричества.
4. Пламя водорода трудно заметить, так как оно почти невидимо. Поэтому при возгорании с ним сложно справиться.
5. Когда происходит утечка водорода в закрытом помещении, это может привести к удушью.
6. Как и любой сжиженный газ, водород имеет очень низкую температуру. При утечке из бака и непосредственным контактом с открытыми участками тела человека, он может привести к серьезному обморожению [2].

В настоящее время, несмотря на пессимистические прогнозы, многие технические вопросы по внедрению водородной энергетики решены. Все ведущие автомобильные компании имеют вариативные модели машин, работающих на водороде. Существуют станции заправки этих автомобилей, но их количество минимально и стоимость водорода пока намного выше, чем бензина или природного газа. Чтобы новая отрасль стала коммерчески оправданной, необходимо:

- усовершенствовать способы получения водорода;
- найти наименее опасный способ хранения и транспортировки;
- развить сеть заправочных станций повсеместно;
- снизить цену на водород.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные технологии производства. URL: <https://extxe.com>.
2. Советы и технологии, автомобили, новости, статьи и фотографии. URL: <https://1gai.ru>.

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ НА ВОДОРОДНЫХ ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

**А.Е. Тихомиров, А.В. Соколов, Д.В. Лебедев**

Научный руководитель – **А.В. Соколов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматривается перспектива использования автомобилей на водородных топливных элементах. Произведена оценка экологичности транспортных средств с классическим и альтернативными видами преобразования энергии в механическую работу с учетом полного цикла производства топлива.*

***Ключевые слова:** автомобили на водородных топливных элементах, экологичность.*

## COMPARATIVE ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL EFFICIENCY OF HYDROGEN FUEL CELL VEHICLES

**A.E. Tikhomirov, A.V. Sokolov, D.V. Lebedev**

Scientific Supervisor – **A.V. Sokolov**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The paper examines the prospects of using hydrogen fuel cell vehicles, environmental efficiency compare to conventional and alternative types of energy conversion into mechanical work, taking into account the full cycle of fuel production.*

***Keywords:** hydrogen fuel cell vehicles, environmental efficiency.*

Транспортные средства на водородных топливных элементах являются полностью экологически чистыми на дороге. Они не выделяют веществ, оказывающих влияние на климат: углекислый газ ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), оксид азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ) и галогенуглероды, а также загрязняющих воздух веществ: свинец (Pb), оксид углерода (CO), оксиды азота (NOx), тетрафторид кремния ( $\text{SF}_6$ ), бензол и летучие компоненты (ВТХ), тяжелые металлы (цинк, хром, медь и кадмий) и твердые частицы (пепел, пыль) [1]. Так же, как и электромобили на тяговых аккумуляторных батареях, водородные электромобили работают практически беззвучно, что может решить проблему шума в городских районах. В связи с

отсутствием бензина и меньшим количеством движущихся деталей, а соответственно, количеством смазочных веществ, может быть уменьшено воздействие автомобилей на почву и качество воды.

Однако, чтобы правильно оценить возможности водородных транспортных средств в решении экологической проблемы, необходимо обратить внимание на весь цикл производства, в том числе и топлива.

Мировая статистика по производству водорода показывает, что 48% водорода производится со сжиганием природного газа, 30% – нефти, 18% – угля и только 4% с использованием возобновляемых источников [1].

Для того чтобы можно было выяснить реальную экологичность и провести сравнение автомобилей с ДВС и электромобилей можно вычислить количество выбросов CO<sub>2</sub> на километр. Важно отметить, что такое сравнение условно, так как, сами по себе, электромобили не имеют выбросов, т.е. для электромобилей полученный результат будет означать выбросы CO<sub>2</sub> при производстве в пересчете на единицу пройденного электромобилем пути. Для получения более полной оценки, следует провести сравнение для разных категорий автомобилей.

Исходными данными будут являться: запас хода, объем топлива или емкость аккумуляторной батареи в случае электромобиля. Примем во внимание, что большая часть водорода производится методом паровой конверсии метана [2], а 63% электроэнергии в мире вырабатывается тепловыми электростанциями. При получении одного килограмма водорода в воздух попадает 9,5 килограммов CO<sub>2</sub> [2]. Допустим, что электроэнергия для зарядки электромобиля вырабатывается тепловой электростанцией при сжигании каменного угля. На один килограмм каменного угля приходится 7-8 кВт·ч и 2,29 килограмма CO<sub>2</sub> [3]. Для расчета массового выброса CO<sub>2</sub> на 1 км пробега (кг/км) можно использовать выражение

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{E}{E_1} \cdot m \cdot \frac{1}{L}, \quad (1)$$

где  $E$  – емкость аккумуляторной батареи (запас энергии), кВт·ч;

$E_1$  – количество вырабатываемой энергии на 1 кг топлива, кВт·ч;

$m$  – масса CO<sub>2</sub>, которая выделяется при сжигании 1 кг топлива, кг;

$L$  – запас хода транспортного средства, км;

Для электромобиля на водородных топливных элементах выражение преобразуется (кг/км):

$$m_{\text{CO}_2} = \frac{m_m \cdot m_{\text{нк}}}{L}, \quad (2)$$

где  $m_m$  – масса топлива в баках, кг;

$m_{\text{нк}}$  – масса CO<sub>2</sub>, которая выделяется при получении 1 кг водорода методом паровой конверсии, кг;

Результаты расчета по выражениям (1) и (2) представлены в табл. 1.

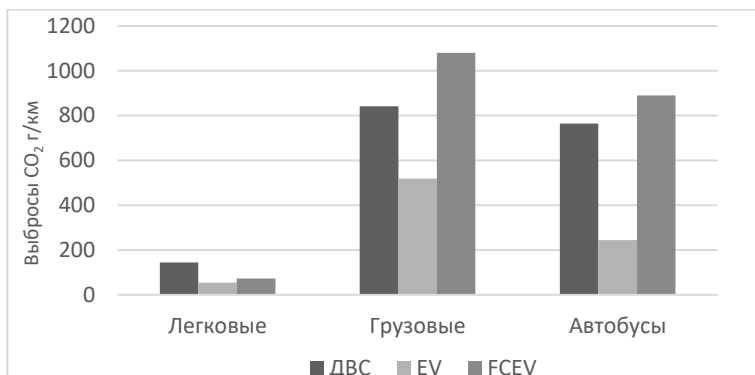
**Таблица 1. Результаты расчета**

Легковые автомобили			
	ДВС	Электромобиль (EV)	Электромобиль на ВТЭ(FCEV)
Автомобиль	VW GOLF IV 1.4 TSI	TeslaModel S	ToyotaMirai
Запас хода, км	890	335	650
Запас топливаили запасаемая энергия	55 л	60 кВт·ч	122,4 л (5 кг)
Выброс CO <sub>2</sub> г/км	144[2]	54*	73*
Автобусы			
Автомобиль	НЕФА3-5299	КамАЗ-6282	Caetano H2.City Gold
Запас хода, км	850	70	400
Запас топливаили запасаемая энергия	250 л	80 кВт·ч	37,5 кг
Выброс CO <sub>2</sub> г/км	764	244*	890*
Грузовые автомобили			
Автомобиль	MAN TGS 18.400	DAF CF Electric	Kenworth T680 (Toyota FCET)
Запас хода, км	2100	100	482
Запас топливаили запасаемая энергия	680 л	170 кВт·ч	55 кг
Выброс CO <sub>2</sub> г/км	841	519*	1080*
*Выброс CO <sub>2</sub> получен с помощью перерасчета выбросов при производстве электроэнергии, и водорода, электромобиль не имеет выбросов CO <sub>2</sub> .			

На рис. 1 представлено сравнение выбросов CO<sub>2</sub> по видам рабочих процессов силовых агрегатов и типов подвижного состава.

Из проведенных расчетов следует, что применение легковых электромобилей может дать положительный эффект уже сейчас, на текущей стадии развития энергетики, в то же время для грузовых транспортных средств и автобусов технология электромобилей и транспортных средств на водородных топливных элементах даст только частичный местный экологический эффект в виде отсутствия отработавших газов, в то время как проблема выбросов CO<sub>2</sub> останется не решенной.





**Рис. 1. Сравнение выбросов CO<sub>2</sub>**

Также видно, что выбросы при производстве энергии или водорода для питания легковых автомобилей в несколько раз меньше чем грузовых автомобилей или автобусов, что позволяет говорить, учитывая то, что технология водородных топливных элементов считается более перспективной применительно к крупным транспортным средствам, о первоочередной необходимости обеспечения экологически чистым источником питания именно этих категории транспорта.

Проводимые исследования показывают, что водородные автомобили – это автомобили будущего, к переходу на которые могут перейти в недалёком будущем при условии создания более дешевой и экологически чистой технологии по производству водорода.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Rodrigue JP.* The Geography of Transport Systems. London: Routledge, 2020. 468 p.
2. *Alternative fuels and advanced vehicle technologies for improved environmental performance / Edited by Richard Folkson.* Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2014. 803 p.
3. *Завалеев И.* Выбросы парниковых газов и их взаимосвязь с выработкой энергии // СОК. 2019. № 9. С. 82–89.
4. *Буцкий Ю.* О водороде, ДВС и электроприводе // АБС Авто. 2019. № 269.

## ОСОБЕННОСТИ И ВЛИЯНИЕ НА ОБЩЕСТВЕННОСТЬ ЛОНДОНСКОГО СТРИТ-АРТА

**А.С. Трохинский, А.В. Соколов, Т.В. Погодина**

Научный руководитель – **А.В. Соколов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Стрит-арт является неотъемлемой частью нашей жизни. Многие считают стрит-арт вандализмом, другие любят искать в нём скрытые и потаённые глубинные смыслы.*

**Ключевы е слова:** *стрит-арт, Лондон, Шордич, Бэнкси.*

## FEATURES AND IMPACT ON THE PUBLIC OF LONDON STREET ART

**A.S. Trokhinsky, A.V. Sokolov, T.V. Pogodina**

Scientific Supervisor - **A.V. Sokolov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Street art is an integral part of our life. Many people consider street art vandalism, while others like to look for hidden and hidden deep meanings in it.*

**Keywords:** *street art, London, Shoreditch, Banksy.*

Стрит-арт является неотъемлемой частью нашей жизни. И в России, и во множестве других стран мы можем наблюдать множество работ уличных художников – это могут быть как зарисовки, сделанные настолько мастерски, что их вполне можно сравнить с произведениями искусства, так и обычные, ничем непримечательные каракули на заборах.

Сегодня мне бы хотелось рассказать о городе, который собрал на своих улицах множество крайне интересных работ. Здесь можно найти представителей концептуализма, экспрессионизма, сюрреализма. Повсюду можно встретить и карикатуры, и социальную сатиру, и прочие радости современного искусства.

Речь идёт о Лондоне – городе, который смело можно назвать столицей стрит-арта. Множество интересных работ будут поджидать вас в самых неожиданных местах, а некоторые улицы, а иногда и районы, полностью покрыты творениями местных художников. Один из таких районов – Шордич.

Если вы хотите познать истинный стрит-арт, то вам необходимо посетить именно это место.

К Шордичу можно отнести и знаменитую улицу Брик-Лэйн – не только географически, но и по концентрации стрит-арта. Брик-Лэйн – это крайне узкая улица с односторонним движением, что совершенно не мешает ей быть крайне оживленной. Здесь вы можете встретить абсолютно любые арты, художеств очень много, и все они разной направленности и тематически совершенно не похожи друг на друга. Работы Шордича можно посмотреть в интернете на сайте [1].



<https://www.pinterest.ru/pin/433753007835184730/>



<https://www.pinterest.ru/pin/433753007835184736/>



<https://www.pinterest.ru/pin/433753007835184719/>



<https://www.pinterest.ru/pin/433753007835184724/>



<https://www.pinterest.ru/pin/433753007835184716/>

**Рис. 1. Стрит-арты Шордича**

Но не одним Шордичем богат Лондон. Чего только стоит всемирно известный Бэнкси, работы которого не только будоражат общественность, но и

привлекают внимание различных «дельцов» и любителей наживы. Работы Бэнкси являются настолько востребованными и популярными, что люди буквально выпиливают его полотна из бетонных стен и выбивают из зданий кирпичи, на которых есть хотя бы кусочек творчества лондонского мастера.

Наверно каждому хоть раз попадалась на глаза одна из его самых нашумевших работ «Девочка с воздушным шаром». Эта работа родилась на мосту через Темзу в 2002 году. Картина изображает девочку, силуэт которой нанесён чёрными красками по белому фону (рис. 2). Она с грустью наблюдает, как улетает вдаль её ярко-красный воздушный шарик в форме сердца. Девочка протягивает к нему руку. Сердце, которое является единственным цветным пятном картины, означает невинность, мечты, надежды и любовь. Здесь он показывает хрупкость детства. Образ девочки, отпускающей воздушный шар, указывает, что невинность может быть легко потеряна. Специалисты предполагают, что, по мнению художника, общество заставляет детей взрослеть слишком быстро. Судьба этой картины так же не малозначительна, как и ее смысл.

5 октября 2018 года во время аукциона, после объявления о продаже полотна, с последним ударом молотка аукциониста встроенный в раму шредер разрезал его на мелкие полосы. Этот жест был положительно оценен среди почитателей Бэнкси, он нес в себе смысл, и после увеличил стоимость полотна.



**Рис. 2. Девочка с воздушным шаром[2]**

Из-за его работ даже заводятся уголовные дела. Так, на одной из дверей запасного выхода он нарисовал силуэт скорбящей женщины, в память о теракте 2015 года. Конечно же, дверь украли и нашли через месяц в Италии.

Его работы, направленные против политики, войны, капитализма и морализаторства, становятся предметом охоты журналистов, фотографов, вандалов, художественных критиков и коллекционеров.

Также, совсем недавно, его картину, подаренную им же одной из больниц Лондона, продали за баснословные 23 миллиона долларов. 8 марта Бэнкси выставил на аукцион оригинальную версию работы, подаренной

больнице Саутгемптона в мае прошлого года. А репродукция картины размещена рядом с отделением реанимации госпиталя. До начала торгов работу оценивали в £2,5–3,5 миллиона (258–360 миллионов рублей). По информации CNN, предыдущий рекорд стоимости картин Бэнкси установили в 2019 году, когда картину художника *Devolved Parliament* («Переданный парламент») продали на аукционе Sotheby's за £9,9 миллиона (более миллиарда рублей).

Однако, как бы ни был популярен Бэнкси, никто так и не смог узнать его истинного «лица». Личность этого художника так и не была раскрыта. Считается, что он родился в 1974 году. Родом из Англии, город Бристоль. Карьеру свою начал с конца 1990-х годов. Первые граффити известного художника Бэнкси датируются именно этими годами. На заре его карьеры, он был обычным райтером, но затем его работы становились всё более масштабнее. Что, собственно, и повлияло на сложности скрывания от полиции. Истории известно много случаев попыток разоблачения личности Бэнкси, но все они заканчивались полным провалом. Его точная личность неизвестна до сих пор.

Бэнкси стал символом современного искусства, он создает произведения, способные натолкнуть на рассуждения самого недалекого зрителя. Такое искусство не порицается народом, а наоборот поддерживается, оно гласно и передает настроение масс.

Творчество уличного художника Бэнкси сложно отнести к какому-то определенному стилю. Стиль Бэнкси является классическим воплощением «бунтующей» публики – здесь затрагиваются злободневные темы, на которые люди стараются закрыть глаза. Что касается манеры исполнения, то сложно однозначно сказать, какого именно стиля он придерживается. Изначально творчество Бэнкси выглядело, как классический стрит-арт: с надписями, несущими посыл и несложными рисунками. Позже стрит-арт художник Бэнкси стал пользоваться трафаретами, что позволяло ему за короткое время наносить более сложные рисунки. Теперь, основным стилем неизвестного граффити-художника является именно трафаретная техника.

Стрит-арт сейчас – это не только аэрозоль и балончики. Рисовать можно чем угодно и как угодно. Португалец Vhils, например, работает перфоратором, долотом, отверткой, а иногда даже динамитом, буквально выдалбливая в стене свое произведение искусств.

Мимо стрит-арта в исполнении Vhils можно легко пройти мимо, не заметив лицо на обшарпанной стене. Но стоит это увидеть однажды, и вы уже его никогда не забудете. Одна из его работ, кстати, находится в Москве на Саввинской Набережной.

Работы в исполнении ирландца Conor Harrington – это почти всегда парадная военная форма, мужские фигуры, полные пафоса, достоинства, величия и маскулинности. Все это довольно органично вписывается в городскую среду, надо сказать. Зачастую лиц героев на его работах почти не

видно. На них постоянно падает тень или они покрашены якобы «случайной» работой другого уличного художника. На самом деле у Конора просто был своеобразный период творчества. Он всячески раскрывал тему анонимности в стрит-арте. Его всегда забавлял тот факт, что люди могут годами ходить мимо работ уличных художников, видеть их художества в разных частях города, даже узнавать стиль – и при этом совершенно ничего не знать о самих стрит-арт художниках.

Многие считают стрит-арт вандализмом, другие любят искать в нём скрытые и потаённые глубинные смыслы. Одни художники пытаются что-то донести через своё искусство – показать свой протест, почтить память или что-то высмеять. Другие – просто пытаются испещрить стены своего города своим «талантом».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pinterest. URL: <https://www.pinterest.ru/pin/433753007835184736/>
2. Scoopnest. URL: <https://www.scoopnest.com/ru/user/EchoMskRu/1048513228362457088->

## ПРОВЕРКА МОТОРНОГО МАСЛА МЕТОДОМ КАПЕЛЬНЫХ ПРОБ

**В.О. Тюляндина, Т.М. Сибрина, Т.В. Погодина**

Научный руководитель – **Т.М. Сибрина**, ассистент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается экспресс проверка моторного масла методом капельных проб. Капельная проба моторного масла – это экспресс-оценка состояния моторного масла (степени потери моющих свойств масла и т.п.) с помощью визуального и математического анализа пятна некоторого количества высохшего на бумаге моторного масла [1].*

***Ключевые слова:** экспресс-оценка, капельные пробы, коэффициент моюще-диспергирующих свойств, коэффициент механических примесей.*

## ENGINE OIL TESTING BY DRIP SAMPLING

**V.O. Tyulyandina, T.M. Sibrina, T.V. Pogodina**

Scientific Supervisor - **T.M. Sibrina**, Assistant

Yaroslavl State Technical University

*The express check of engine oil by the method of drip samples is considered. A drip test of engine oil is a rapid assessment of the condition of the engine oil (the degree of loss of the detergent properties of the oil, etc.) using visual and mathematical analysis of the spot of a certain amount of dried engine oil on the paper [1].*

***Keywords:** rapid assessment, drip samples, coefficient of detergent-dispersing properties, coefficient of mechanical impurities, zones of drip samples.*

Моторное масло при работе в двигателе претерпевает существенные изменения – старение. Старение масла происходит из-за прямого взаимодействия с газообразными, жидкими и твердыми продуктами загрязнения (продукты неполного сгорания топлива, износа деталей двигателя, атмосферная пыль, охлаждающая жидкость и т.д.). Помимо этого, подвергаясь воздействию высоких температур, масло интенсивно окисляется, испаряется, полимеризуется и коксуется. [2].

Капельная проба моторного масла – это экспресс-оценка состояния моторного масла (степени потери моющих свойств масла и т.п.) с помощью

визуального и математического анализа пятна некоторого количества высохшего на бумаге моторного масла [1].

Первым делом мы должны завести автомобиль и прогреть его до рабочей температуры (90 °С), для того чтобы масло было достаточно жидкое. Мы должны подготовить лист бумаги, заглушить двигатель и выждать 3-5 минут. Капаем первую каплю моторного масла на бумагу.

Теперь нам нужно просушить это пятно в течение 2 дней естественным путем или в духовке. Затем нам понадобится уже линейка, карандаш, калькулятор, чтобы рассчитать характеристики масла и наш просушенный листок.

Капельный тест масла состоит из численной диагностики пробы путем расчета специальных характеристик и визуальной диагностики на свет состояния пробы. Численная диагностика базируется на расчете коэффициента моюще-диспергирующих свойств моторного масла и коэффициента механических примесей в моторном масле.

Первый вариант вычисления коэффициента моюще-диспергирующих свойств моторного масла:

$$ДС = 1 - \frac{d^2}{D^2}, \quad (1)$$

где  $d$  - диаметр окружности кольца, мм;  $D$  - диаметр окружности зоны диффузии, мм.

Коэффициент моюще-диспергирующих свойств моторного масла  $ДС$  является численной характеристикой диспергирующей способности масла, выражается в условных единицах. Нормальный диапазон от 0,5 до 1,1 - идеальное состояние; 0,5 - нижняя граница нормы, если показатель снизился до 0,6, то необходимо участить проведение капельных проб, так как моторное масло находится на пределе рабочего состояния. Если показатель снизился до 0,3, то моторное масло находится в аварийном состоянии.

Вычисления коэффициента моюще-диспергирующих свойств моторного масла по методике Н.М. Хмелевой и Н.С. Пасечникова:

$$K_{мд} = \frac{D}{d}. \quad (2)$$

Коэффициент моюще-диспергирующих свойств моторного масла  $K_{мд}$  по методике Хмелевой. Граничным значением является 1,65. Если расчетное значение ниже, то большая вероятность лаковых отложений в масле.

Вычисления коэффициента механических примесей в моторном масле:

$$K_{мп} = \frac{d_1}{d}, \quad (3)$$



где  $d_1$  - диаметр окружности центра капли, мм.

Коэффициент механических примесей в масле  $K_{мп}$ , по методике Хмелевой. Граничное значение - 0.44, если ниже, то большая вероятность образования задиров на стенках цилиндра.

В нашем случае исследования проводилось на автомобиле Skoda Octavia 1999. В него было залито моторное масло Лукойл Арматек синтетика. Были взяты две пробы каплей: первая при пробеге 700 км (рис. 1); вторая при пробеге 5500 км (рис. 2).

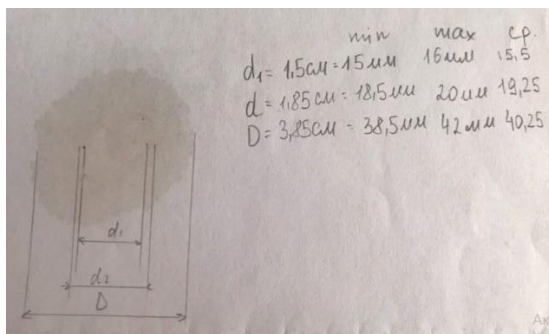


Рис. 1. Первая капля при пробеге 700 км

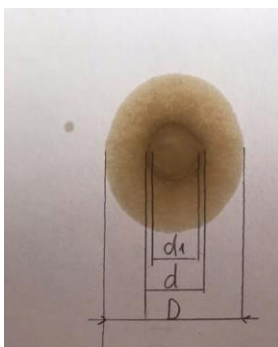


Рис. 2. Первая капля при пробеге 5500 км

На рис. 2 получилось:  $d_1 = 11$  мм;  $d = 15,5$  мм;  $D = 4,5$  мм.

Результаты расчётов коэффициента моюще-диспергирующих свойств моторного масла и коэффициента механических примесей в моторном масле приведены на рис. 3.

Шкода Октавия 1999 (1 капля - 700 км)			
Коэффициент моюще-диспергирующих свойств моторного масла			
Вариант 1			
$ДС = 1 - \frac{d^2}{D^2}$	ДС	=	0,77
	норма	от 0,5 до 1	
	отклонение	менее 0,5	
	Вердикт по исследуемому маслу		
Масло в норме			
Вариант 2 (методика Хмелевой Н.М. и Пасечникова Н.С.)			
$Кмд = \frac{D}{d}$	Кмд	=	2,09
	норма	более 1,65	
	отклонение	менее 1,65	
	Вердикт по исследуемому маслу		
Масло в норме			
Коэффициент механических примесей в моторном масле (методика Хмелевой Н.М. и Пасечникова Н.С.)			
$Кмпр = \frac{d1}{d}$	Кмд	=	0,805
	норма	более 0,44	
	отклонение	менее 0,44	
	Вердикт по исследуемому маслу		
Масло в норме			

Шкода Октавия 1999 (2 капли - 5500 км)			
Коэффициент моюще-диспергирующих свойств моторного масла			
Вариант 1			
$ДС = 1 - \frac{d^2}{D^2}$	ДС	=	0,86
	норма	от 0,5 до 1	
	отклонение	менее 0,5	
	Вердикт по исследуемому маслу		
Масло в норме			
Вариант 2 (методика Хмелевой Н.М. и Пасечникова Н.С.)			
$Кмд = \frac{D}{d}$	Кмд	=	2,7
	норма	более 1,65	
	отклонение	менее 1,65	
	Вердикт по исследуемому маслу		
Масло в норме			
Коэффициент механических примесей в моторном масле (методика Хмелевой Н.М. и Пасечникова Н.С.)			
$Кмпр = \frac{d1}{d}$	Кмд	=	0,7
	норма	более 0,44	
	отклонение	менее 0,44	
	Вердикт по исследуемому маслу		
Масло в норме			

Рис. 3. Результат капельных проб

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яндекс Дзен. URL: <https://zen.yandex.ru/media/kua1102/kapelnaia-proba-motornogo-masla-algoritm-provedeniia-interpretaciia-na-primere-special-plus-5w40-5eba3240f5177f4668b8c4df>
2. Drive2.ru. URL: <https://www.drive2.ru/b/520569278802428666/>

## **ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ БЕЗОПАСНОСТИ АВТОМОБИЛЯ НА КОЛИЧЕСТВО ДОРОЖНО- ТРАНСПОРТНЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ**

**В.А. Шилов, С.Г. Кондаков**

Научный руководитель – **С.Г. Кондаков**, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Выполнено исследование влияния современных систем безопасности автомобиля на количество дорожно-транспортных происшествий на примере автоматической системы экстренного торможения. В ходе исследования выявлена положительная динамика снижения количества аварий на автомобильном транспорте. Сделан вывод о роли современных технологий, применяемых в конструкции автомобилей.*

**Ключевые слова:** системы безопасности автомобиля, дорожно-транспортные происшествия.

## **INFLUENCE OF MODERN CAR SAFETY SYSTEMS ON THE NUMBER OF ACCIDENTS**

**V.A. Shilov, S.G. Kondakov**

Scientific Supervisor – **S.G. Kondakov**, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The study of the influence of modern car safety systems on the number of road accidents on the example of an automatic emergency braking system is performed. The study revealed a positive dynamics of reducing the number of accidents in road transport. The conclusion is made about the benefits of modern technologies used in the construction of cars.*

**Keywords:** car security systems, road accidents.

Количество автомобильного транспорта с каждым годом увеличивается рекордными темпами. Для обеспечения безопасности дорожного движения от водителей требуется повышенное внимание. В настоящее время на помощь людям приходят новейшие инженерные разработки. Важным направлением развития систем безопасности автомобиля является использование современных технологий. Разработка таких систем помогает свести к минимуму и снизить тяжесть последствий дорожно-транспортных происшествий. Большим

плюсом является то, что данные системы построены на основе модульной технологии, что позволяет применять их в автомобилях различных классов [3].

Производители ведущих мировых автомобильных концернов (Audi, Mercedes-Benz, Volvo, Honda, Ford, Mitsubishi, Toyota, Volkswagen) в своих конструкциях используют превентивную систему безопасности – система предупреждения столкновения или автономного экстренного торможения. Её назначение заключается в том, чтобы дать автомобилю возможность избежать столкновения с другим транспортным средством, предотвратить наезд на пешехода или препятствие. На рис. 1 изображено действие данной системы.

В превентивной системе безопасности могут быть реализованы следующие функции:

- предупреждение водителя об угрозе столкновения;
- подготовка тормозной системы к экстренному торможению;
- активация устройств пассивной безопасности;
- частичное или полное торможение.

Такая система работает в совокупности с технологиями адаптивного круиз-контроля, систем динамической стабилизации и систем пассивной безопасности. Таким образом, превентивная система безопасности это высокоэффективное сочетание систем активной и пассивной безопасности автомобиля [1].



**Рис 1. Превентивная система безопасности автомобиля Volvo**

Принцип действия превентивной системы безопасности заключается в том, что для распознавания критической ситуации она использует показания датчиков с передней части автомобиля. На скорости свыше 15 км/ч сканируется участок дороги, протяженностью 200 м перед автомобилем, а также оценивается характер движения автомобиля (интенсивность ускорения и замедле-

ния, обороты двигателя) и действия водителя (воздействие на рулевое управление, педаль газа и тормоза). Все эти показатели обрабатываются и оцениваются бортовым компьютером. При достижении определенной комбинации условий происходит срабатывание системы.

В таблице 1 приведён пример условий срабатывания и принцип действия системы Pre-SafeBrake от Mercedes-Benz.

**Таблица 1. Условия срабатывания и действие превентивной системы безопасности**

Условия	Действие
Обнаружение опасности в зоне действия датчиков	Прогноз и расчёт времени вероятного столкновения
2,5 с до столкновения	Подача 3-х предупреждающих звуковых сигналов и световых
1,6 с до столкновения	Частичное автоматическое торможение (40% от максимального тормозного усилия), натяжение ремней безопасности
Нажатие водителем педали тормоза	Усиление торможения до максимального давления в тормозной системе
Перестроение водителем на другую полосу движения	Уменьшение тормозного усилия
0,6 с до столкновения	Автоматическое экстренное торможение

Такая система может быть принудительно отключена водителем, но при каждой новой поездке включается автоматически.

По данным статистики автомобили, оборудованные подобными предупреждающими системами безопасности, реже попадают в дорожно-транспортные происшествия [2].

Превентивная система экстренного торможения (PEBS) разработана и запущена в серийное производство немецкой компанией Bosch в 2010 году. Такая функция способна снизить вероятность столкновения автомобилей на 72%.

Исследования показывают, что 16% аварий в Европе, 28% в США и 32% в Японии – это столкновения с автомобилем, движущимся впереди. В таблице 2 приведены статистические данные по дорожно-транспортным происшествиям (ДТП) в Российской Федерации (РФ) и странах Европы.

**Таблица 2. Статистические данные по ДТП в РФ и мире**

Год	Кол-во погибших, тыс. чел.	
	Российская Федерация	Страны Европы
2010	26,5	31,5
2011	27,9	30,7
2012	27,9	28,2
2013	27,0	26,0
2014	26,9	26,0
2015	23,1	26,1
2016	20,0	25,5
2017	19,0	25,3
2018	16,4	25,1

Таким образом, можно сделать вывод, что с появлением превентивной системы экстренного торможения (PEBS) наблюдается положительная динамика в числе сокращения дорожно-транспортных происшествий как в России, так и за рубежом. Данная система – действенный способ сократить число жертв в результате аварий на автомобильных дорогах. С 2015 года в странах Европейского Союза установка передовых систем PEBS для автомобилей класса M2, M3, N2, и N3 является обязательной. Современные технологии, применяемые на автомобильном транспорте, помогают сохранить множество жизней водителей и пешеходов. Но безопасность движения, прежде всего, зависит от человеческого фактора и соблюдения правил дорожного движения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Иванов В.Н.* Активная и пассивная безопасность автомобилей. М.: Астрель, 1994. 518 с.
2. Госавтоинспекция МВД России. URL: <http://www.gibdd.ru/> (дата обращения: 10.02.2021).
3. *Коноплянко В.И.* Организация и безопасность дорожного движения. М.: Высш. шк., 2002. 182 с.

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ НА ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫЕ ПРОИСШЕСТВИЯ

**В.А. Шилов, С.Г. Кондаков**

Научный руководитель – **С.Г. Кондаков**, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Выполнено исследование влияния скорости движения автомобиля на число дорожно-транспортных происшествий и безопасность дорожного движения.*

***Ключевые слова:** скорость автомобиля, безопасность дорожного движения, автотехническая экспертиза.*

## INFLUENCE OF MODERN CAR SAFETY SYSTEMS ON THE NUMBER OF ACCIDENTS

**V.A. Shilov, S.G. Kondakov**

Scientific Supervisor – **S.G. Kondakov**, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The study of the influence of vehicle speed on the number of road accidents and road safety was performed.*

***Keywords:** car speed, road safety, auto technical expertise.*

Превышение скоростного режима является одним из наиболее частых случаев нарушения правил дорожного движения. Значение скорости автомобиля в момент дорожно-транспортного происшествия в большей мере определяет его тяжесть и последствия. По этой причине правильное определение скорости автомобиля занимает особое место в автотехнической экспертизе.

Влияние скорости автомобиля на дорожно-транспортные происшествия (ДТП) обуславливается множеством различных факторов [1].

С увеличением скорости возрастает величина остановочного пути автомобиля. В автотехнической экспертизе остановочный путь рассчитывается по формуле [2]:

$$S_o = V_a \cdot T_b + V_a \cdot T_z + V_a \cdot 0,5 \cdot T_n + \frac{V_a^2}{2g(\varphi + i)}, \quad (1)$$

где  $V_a$  – скорость автомобиля в момент аварии, м/с;

$T_b$  – время реакции водителя, с;  
 $T_s$  – время срабатывания системы, с;  
 $T_n$  – время нарастания замедления, с;  
 $\phi$  – коэффициент сцепления колес с дорогой;  
 $i$  – продольный уклон дороги, м.

Исходя из данной формулы, можно сделать вывод, что каждый составляющий параметр остановочного пути увеличивается прямо пропорционально скорости движения автомобиля в момент аварии. Поэтому чем выше скорость, тем больше времени будет реакция водителя, время срабатывания тормозной системы и время нарастания замедления соответственно.

На высокой скорости значительно ухудшается восприятие водителем реальной дорожной ситуации и тормозной путь автомобиля. В таблице 1 приведено соответствие различных скоростей движения автомобиля и величины тормозного пути на сухом асфальте, мокрой дороге и дороге с наледью.

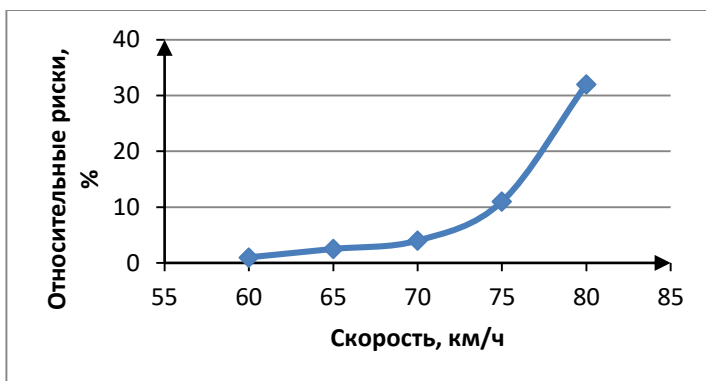
**Таблица 1. Соответствие скорости движения автомобиля и величины тормозного пути**

Скорость автомобиля, км/ч	Тормозной путь на сухом асфальте, м	Тормозной путь на мокрой дороге, м	Тормозной путь на дороге с наледью
10	0,65	0,85	3,25
20	2,6	3,38	13,0
30	5,8	7,54	29
40	10,4	13,5	52,0
50	16,3	21,3	81,5
60	23,5	30,55	116,5
70	31,1	41,73	160,5
80	41,9	54,47	209,5
90	53,0	68,9	265,0
100	65,5	85,15	327,5

Соблюдение скоростного режима – особо важный параметр дорожного движения. Чем быстрее движется транспортное средство, тем значительнее его кинетическая энергия. Поэтому, если ДТП всё-таки произошло, а скорость автомобиля была больше разрешенной, последствия будут значительно сильнее. Люди получают серьёзные травмы, а транспортные средства – существенные повреждения.

Важность соблюдения скоростных ограничений подтверждается статистическими данными. Около 25-30% ДТП, повлекших за собой смерть человека, происходят именно по этой причине. Также повышение скорости на 10% приводит к увеличению количества всех аварий на 21% [3]. На рис. 1 приведена зависимость относительных рисков возникновения ДТП от скорости движения автомобиля.





**Рис. 1. Зависимость относительных рисков попадания в ДТП от скорости движения**

На скорости 70 км/ч риски начинают существенно повышаться. Даже незначительное превышение на 10 км/ч разрешенной скорости движения в черте города может привести к печальным последствиям.

Таким образом, высокая скорость транспортного средства чаще всего является причиной трети всех дорожно-транспортных происшествий. Для сокращения количества аварий и снижения травматизма на дорогах необходимо предпринимать серьезные и комплексные меры. В первую очередь, это ужесточение наказаний и штрафов за нарушение правил дорожного движения, а также сведение к минимуму разброса скоростей движения автомобилей в транспортном потоке.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Бадагуев Б.Т.* Безопасность дорожного движения: Приказы, инструкции, журналы, положения. М.: Альфа-Пресс, 2012. 264 с.
2. *Иларионов В.А.* Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: Учебник для вузов. М.: Транспорт, 1989. 186 с.
3. Госавтоинспекция МВД России. URL: <http://www.gibdd.ru/> (дата обращения: 21.01.2021).

## **ВЛИЯНИЕ ДАВЛЕНИЯ В АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИНАХ НА ИХ ИЗНОС**

**В.А. Шилов, В.В. Иродов, Т.В. Погодина**

Научный руководитель – **Т.В. Погодина**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Выполнено исследование влияния автомобильных шин на их износ в течение всего срока использования. В ходе исследования выявлены факторы, которые приводят к интенсивному износу шин. Сделан вывод о необходимости соблюдения всех правил и нормативов технической эксплуатации.*

**Ключевые слова:** шина, износ, протектор, автомобиль, безопасность.

## **INFLUENCE OF TIRE PRESSURE ON TIRE WEAR**

**V.A. Shilov, V.V. Irodov, T.V. Pogodina**

Scientific Supervisor – **T.V. Pogodina**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The study of the influence of automobile tires on their wear during the entire period of use. The study identified factors that lead to intensive wear of the tire. It is concluded that it is necessary to comply with all rules and regulations of technical operation.*

**Keywords:** tire, wear, tread, car, safety.

Основной показатель правильной эксплуатации шин – равномерный их износ. Шины легковых автомобилей допускается эксплуатировать до предельного износа рисунка протектора, который составляет 1,6 мм – для легковых автомобилей на летней резине, 4 мм – на зимней резине; 1 мм – для грузовых авто; 0,8 мм – для мотоциклов. Данные нормативы принимаются исходя из условий безопасности дорожного движения в особенности на дорогах с плохим сцеплением, покрытых водой, грязью, снегом и наледью.

В шине большую часть нагрузки несёт воздух и составляет – 60-70%. Таким образом, снижение давления воздуха приводит к нарушению каркаса шины, увеличению деформаций и усталостных напряжений. Пониженное давление приводит к износу краёв беговой дорожки шины, повышенное – к износу центральной части [1].

При недостаточном давлении сильно увеличивается расход автомобильного топлива – до 25%, что является экономически невыгодно.

Степень износа обычно выражается уменьшением высоты выступов рисунка протектора на 1000 км пробега. На износ автомобильной шины влияет множество управляемых, частично-управляемых и неуправляемых факторов. Величина внутреннего давления воздуха в шине относится к числу управляемых факторов (т.е. управляемых технической службой предприятия). Существует основной документ, который регламентирует порядок эксплуатации и обслуживания шин – «Правила эксплуатации автомобильных шин». Соблюдение всех правил, и надлежащее обслуживание помогают значительно увеличить срок службы автомобильной шины.

Неправильное давление воздуха (рис. 1) очень часто становится главной причиной преждевременного и неравномерного износа шин. В правилах эксплуатации прописано допустимое отклонение давления воздуха от нормы  $\pm 0,1$  кгс/см<sup>2</sup>. Утечка воздуха – естественный процесс, поэтому рекомендуется проводить проверку давления не реже чем 1 раз в 5 дней [2]. Такие замеры необходимо делать исключительно на «холодных шинах» перед началом движения, так как после продолжительной поездки шины нагреваются, и давление в них увеличивается. В этом случае увеличенное значение давления воздуха не говорит о каких-либо отклонениях от нормативных показателей.

Снижение давления резко ухудшает работу автомобильной шины. Несоответствие этого фактора оптимальным параметрам вызывает увеличение радиального прогиба шины, искажение формы ее профиля (см. рис. 1, а), увеличение деформации каркаса и температуры нагрева, снижение прочности материалов, из которых изготовлена шина, увеличение трения и, как следствие, интенсивности износа.

При движении на шину действует нормальная нагрузка  $G$  и касательная сила  $Q$ . При пятне контакта шины с дорогой площадью  $F$  эти силы образуют удельное давление  $q$ :

$$q = \frac{G}{F} \quad (1)$$

и касательное напряжение  $\tau$ :

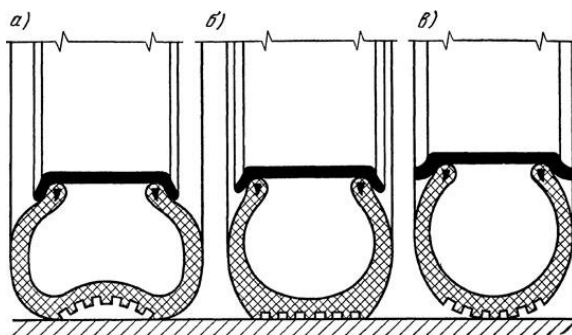
$$\tau = \frac{Q}{F}. \quad (2)$$

Отношение  $\tau$  к  $q$  характеризует напряженность элемента шины в контакте  $\eta$ :

$$\eta = \frac{\tau}{q}. \quad (3)$$

При уменьшении давления воздуха показатель  $\eta$  увеличивается и становится близким или равным коэффициенту сцепления. Возникает разность

между скоростью движения автомобиля и линейной скорости вращения колёс – проскальзывание. Это является одной из главных причин износа рисунка протектора.

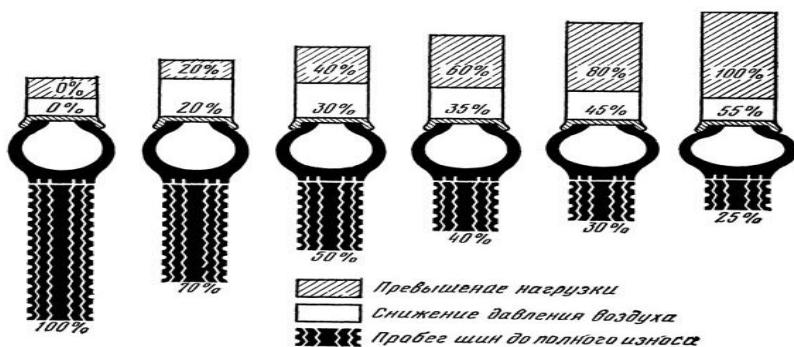


**Рис 1. Деформация профиля автомобильной шины при различном давлении воздуха:**  
*а* – пониженное давление; *б* – нормальное давление;  
*в* – повышенное давление

Пониженное давление в шинах резко снижает порог критической скорости качения, т.е. той скорости, при которой происходит разрыв шины. Величина такой скорости всегда выше максимальной допустимой скорости автомобиля, на котором используется данный тип шин. Поэтому в том случае, когда эти две скорости становятся равны между собой и происходит разрушение шины. Исходя из этого, при длительном движении на высокой скорости необходимо повысить давление воздуха на 0,03 МПа.

Также пониженное давление приводит к большому риску возникновения такого явления, как аквапланирование (нарушение пятна контакта шины с поверхностью и образование водяного клина) на дороге с плохим коэффициентом сцепления.

Низкое давление влияет на сокращение ходимости шины и её пробега до полного износа (рис. 2). Так, при понижении давления воздуха на 10% ходимость снижается на 10–15%, а при снижении на 50% этот показатель уменьшается в 4 раза. Опасность эксплуатации автомобиля на шинах с пониженным давлением заключается в том, что обнаружить последствия вредного воздействия можно не сразу, а только лишь спустя некоторое время или при снятии шин с колеса. Помимо снижения срока службы самой шины также ухудшаются скоростные и тормозные свойства автомобиля, что сказывается на безопасности дорожного движения [3].



**Рис. 2.** Сокращение ходимости шины и её пробега до полного износа

Таким образом, можно сделать вывод, что при неправильном давлении воздуха автомобильные шины подвергаются интенсивному износу. Главной причиной этого износа, на наш взгляд, является несоблюдение правил технической эксплуатации автомобилей. Повышенный износ помимо снижения срока службы самой шины, также сказывается на скоростных, тормозных и топливно-экономических показателях транспортных средств. Такой вид изнашивания является управляемым и может быть исключен на автотранспортном предприятии.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей. М.: Транспорт, 2001. 535 с.
2. Богданович П.Н. Трение и износ в машинах. Минск: Выш. шк., 1999. 374 с.
3. Зимин П.Н. Уход за автомобильными шинами. М.: Госхимиздат, 1946. 100 с.

# СЕКЦИЯ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»

УДК 621.515:621.43.052

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ЧУГУННОГО ПОРШНЯ ГАЗОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

**Е.А. Александров, А.А. Павлов**

Научный руководитель – **А.А. Павлов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается алгоритм расчета неравномерного температурного поля поршня форсированного газового двигателя из чугуна с вермикулярным графитом.*

**Ключевые слова:** *газовый двигатель, чугун с вермикулярным графитом, поршень, температурное поле, напряженно-деформированное состояние.*

## CALCULATING METHOD OF THE TEMPERATURE FIELD OF THE CAST-IRON PISTON IN A GAS ENGINE

**E.A. Aleksandrov, A.A. Pavlov**

Scientific Supervisor - **A.A. Pavlov**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

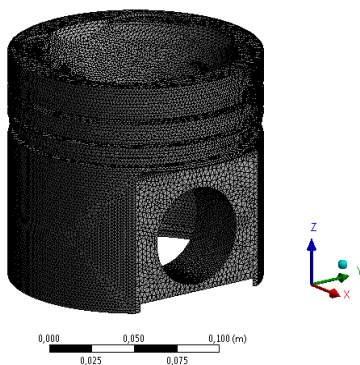
*An algorithm for the calculating of the irregular temperature field of the piston for a forced gas engine made of cast iron with vermicular graphite is considered.*

**Keywords:** *cast iron with vermicular graphite, piston, temperature field, stress-strain state.*

При проектировании поршня газового двигателя из нового инновационного чугунного сплава одной из проектных задач является расчетное определение его температурного поля. Причем указанное температурное поле поршня следует рассчитать при работе газового двигателя на номинальном режиме его работы. В конечном итоге расчетное определение температурного поля поршня газового двигателя из чугуна и является целью настоящей работы.

На начальном этапе в системе трехмерного проектирования КОМПАС-3D было выполнено построение 3D-модели поршня. Основные геометриче-

ские размеры принимались по статистическим данным в зависимости от диаметра поршня, который равен 150 мм. Также при построениях учитывалась необходимость получения поршня малой массы с сохранением жесткости всей конструкции. Расчет НДС производился в системе ANSYS WORKBENCH, основывающейся на методе конечно-элементного анализа. Полученная в данной программе конечно-элементная модель представлена на рис. 1. Разбиение производилось с размером конечного элемента, равным 2 мм. Параметры разбиения приведены в табл. 1.



**Рис. 1. Конечно-элементная модель поршня**

**Таблица 1. Параметры разбиения 3D-модели поршня в ANSYS**

Количество узлов	475124
Количество элементов	272409

Моделирование условий работы поршня производилось исходя из значения среднего эффективного давления  $p_e = 1$  МПа, что соответствует уровню наиболее форсированных современных газовых ДВС.

Вначале было проведено определение температурного поля поршня. Для этого применялось уравнение стационарной теплопроводности:

$$\nabla^2 \cdot T + \frac{Q}{\lambda} = 0,$$

где  $\nabla$  — оператор Лапласа;

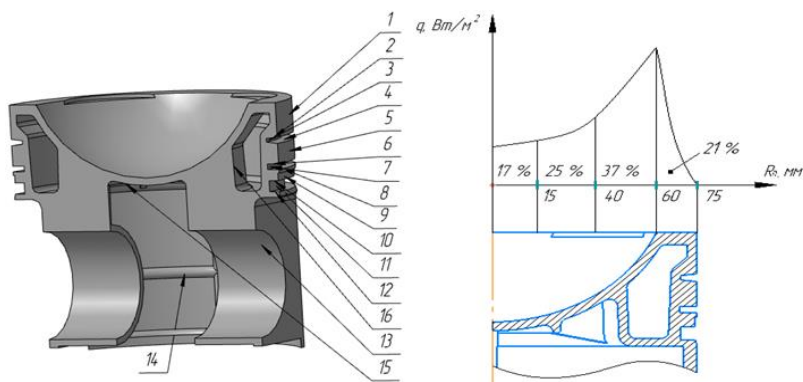
$T$  — температура поршня в точке;

$Q$  — количество теплоты, выделяемой в единице объема в единицу времени внутренними источниками теплоты;

$\lambda$  — коэффициент теплопроводности материала.

Для решения данного уравнения принимались граничные условия (ГУ) 3-го рода: температура окружающей среды и закон теплообмена между средой

и поверхностью тела (выраженный в коэффициенте теплоотдачи). Температуры окружающей среды для соответствующей зоны (поверхности) поршня принимались на основе температур дизельного прототипа 8 ЧН 140/140 с учетом накопленной базы данных по газовым двигателям с удельными мощностями 26-32 кВт/л ( $p_e \approx 1$  МПа). Коэффициенты теплоотдачи принимались по аналитическим зависимостям с учетом отвода 80-85% теплоты через первое компрессионное кольцо к гильзе цилиндра и 15-20% в картерные газы. Определенные ГУ приведены в таблице 2, а соответствующие им зоны на рис. 2. Теплообмен между газом и днищем поршня задавался в виде теплового потока, который был определен в программе Diesel-RK и равен  $q = 400000$  Вт/м<sup>2</sup>. При этом учитывался локальный характер его действия на поверхность днища. Кривая распределения теплового потока представлена на рис. 2.



**Рис. 2. Распределение граничных условий 3-го рода (слева) и теплового потока по днищу (справа)**

**Таблица 2. Граничные условия 3-го рода**

№	$\alpha, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$T, \text{°C}$	№	$\alpha, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$T, \text{°C}$	№	$\alpha, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$	$T, \text{°C}$
<b>1</b>	225	300	<b>7</b>	0	140	<b>13</b>	2000	110
<b>2</b>	600	145	<b>8</b>	11012	140	<b>14</b>	300	110
<b>3</b>	0	145	<b>9</b>	500	140	<b>15</b>	1500	140
<b>4</b>	15500	145	<b>10</b>	500	140	<b>16</b>	2500	130
<b>5</b>	500	140	<b>11</b>	0	140			
<b>6</b>	500	140	<b>12</b>	1500	135			

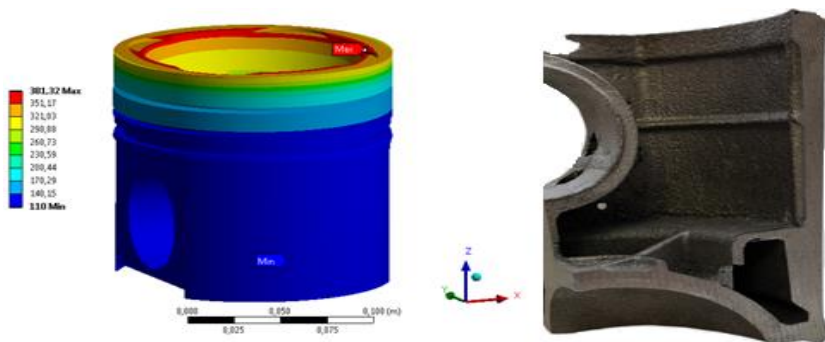
Распределенное поле температур по поверхности поршня, полученное после приложения в ANSYS ГУ 3-го рода, приведено на рис. 3.



На основании имеющейся 3D-модели был отлит опытный образец поршня. Он представлен на рис. 3.

Распределенное поле температур по поверхности поршня, полученное после приложения в ANSYS FУ 3-го рода, приведено на рис. 3.

По созданной 3D-модели был отлит опытный образец поршня. Он представлен на рис. 3.



**Рис. 3. Распределенное температурное поле поршня (слева) и опытный образец (справа)**

На основании имеющегося температурного поля при помощи программы ANSYS WORKBENCH был сформирован исходный профиль поршня. Помимо этого, проведено профилирование при нагревании образца в термической камере до температур, полученных расчетным путем, и последующих замерах. Различие между опытными и расчетными данными не превысили 5%, что косвенно указывает на правильность изложенной методики.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Генкин К. И.* Газовые двигатели. М.: Машиностроение, 1977. 193 с.
2. *Чайнов Н.Д.* Конструирование двигателей внутреннего сгорания / Н.Д. Чайнов, Н.А. Иващенко, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков. М.: Машиностроение, 2008. 496 с.
3. *Изоимов, В.А.* Исследование свойств чугуна с вермикулярным графитом // Литейное производство. 2004. №6. С. 2-5.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ ВПРЫСКА НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОЧЕГО ЦИКЛА ДИЗЕЛЯ

**М.Е. Барсуков, А.П. Перепелин**

Научный руководитель - **А.П. Перепелин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Данная статья посвящена исследованию влияния давления впрыска на показатели рабочего цикла дизеля.*

**Ключевые слова:** форсунка, давление впрыскивания, цикл дизеля.

## INVESTIGATION OF THE EFFECT OF INJECTION PRESSURE ON THE PERFORMANCE OF THE WORKING CYCLE OF A DIESEL ENGINE

**M.E. Barsukov, A.P. Perepelin**

Scientific Supervisor - **A.P. Perepelin**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*This article is devoted to the study of the effect of injection pressure on the performance of the working cycle of a diesel engine.*

**Keywords:** spray nozzle, the injection pressure of the diesel cycle.

АПД не является автомобильным дизелем и не сертифицируется на нормы EURO, потому имеет смысл рассмотреть задачу о снижении давления топлива в аккумуляторе до меньших значений с целью снижения нагрузок на элементы топливной системы и, следовательно, к повышению ее надежности

Расчетные исследования проводились с целью определения влияния изменения максимального давления топлива в аккумуляторе с  $P_a = 200$  МПа до  $P_a = 160$  МПа на показатели рабочего цикла авиационного дизеля на номинальном режиме. Данные результаты позволяют правильно оценить влияние давления впрыска на показатели дизеля.

Расчеты проводились по программе «ДИЗЕЛЬ-RK» задавалась цикловая подача согласно данным технического задания.

**Таблица 1. Основные результаты расчета рабочего цикла авиационного дизеля при угле опережения впрыска  $\theta = 8^\circ$**

$P_a$	$P_{фmax}$	$d_{к32}$	$Ne$	$ge$	$dp/d\phi$	$\alpha$	$PM$	$NO_x$
бар	бар	мкм	кВт	г/кВт.ч	бар/град	–	г/кВт.ч	г/кВт.ч
Номинальный режим $n = 3800 \text{ мин}^{-1}$ , $Ne = 183.9 \text{ кВт}$ , $ge = 218 \text{ г/кВт.ч}$ , $q_c = 60.57 \text{ мг/цикл}$ , $\phi_{впр} = 35^\circ$								
2000	1702	7.95	223	229.6	4.65	1.67	0.220	1.694
1600	1275	8.99	220.6	232	4.65	1.67	0.266	1.528

$P_a$ ,  $P_{фmax}$  - давление в аккумуляторе и максимальное давление топлива перед распыливающими отверстиями;

$d_{к32}$  – средний диаметр капель по Заутеру;

$Ne$  – мощность дизеля;

$ge$  - удельный эффективный расход топлива;

$dp/dz$  – максимальная скорость нарастания давления при сгорании;

$\alpha$  – коэффициент избытка воздуха

$PM$  – эмиссия твердых частиц;

$NO_x$  – эмиссия окислов азота;

$q_c$  – цикловая подача топлива;

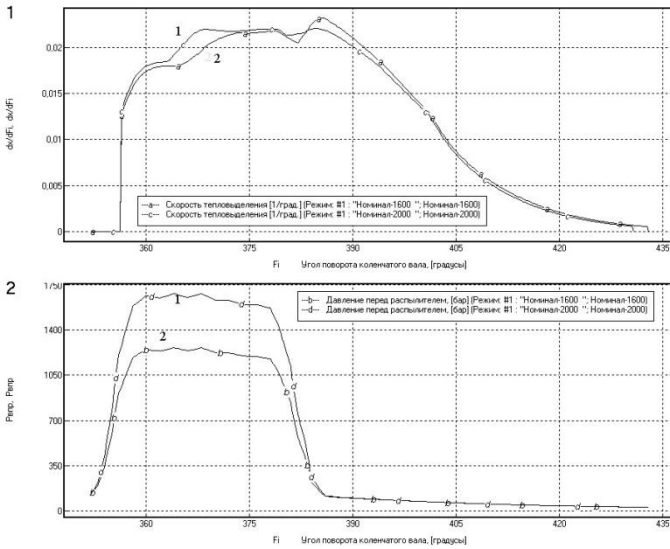
$\phi_{впр}$  – продолжительность впрыска топлива

Согласно приведенным в таблице результатам, уменьшение давления в распылителе с 2000 до 1600 бар при сохранении его продолжительности приводит к увеличению среднего диаметра капель на  $\sim 1$  мкм и, как следствие, к незначительному снижению мощности и соответственно удельного расхода топлива на  $\sim 1.5$ -2 г/кВт.ч. Также в  $\sim 1.4$  раза увеличилась эмиссия твердых частиц на номинальном режиме. Выбросы окислов азота изменились незначительно.

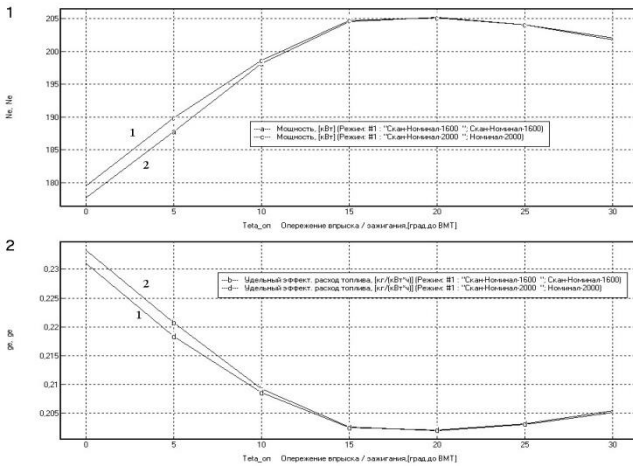
Определяющее влияние на показатели дизеля оказывает угол опережения впрыска  $\theta$ . Как показывают расчеты, влияние угла  $\theta$  на показатели дизеля существенно сильнее влияния давления впрыска.

На рис. 1-4 приведены зависимости мощности, удельного расхода топлива, максимального давления сгорания, скорости нарастания давления сгорания, эмиссии твердых частиц и окислов азота. Эти зависимости построены для вариантов с давлениями  $P_a = 2000$  и 1600 бар. Видно, что увеличение угла  $\theta$  до  $15^\circ$ - $20^\circ$  повышает мощность и снижает удельный расход топлива.

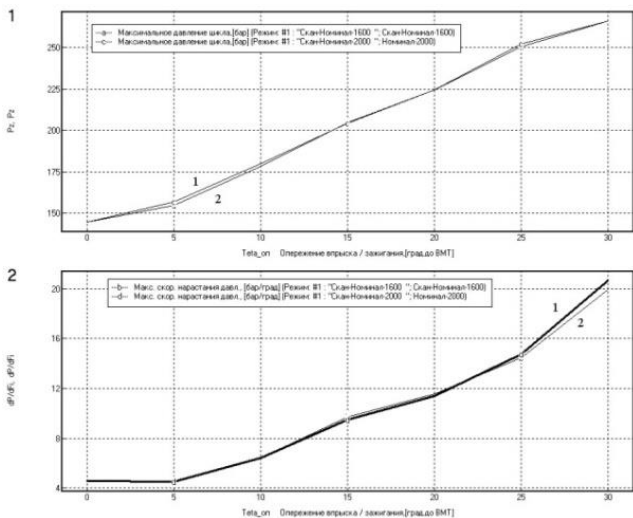
На рис. 2 видно, что увеличение угла  $\theta$  до  $15^\circ$ - $20^\circ$  повышается мощность и снижается удельный расход топлива. При этих углах  $\theta$  мощность и удельный расход топлива не зависят от давления топлива в аккумуляторе.



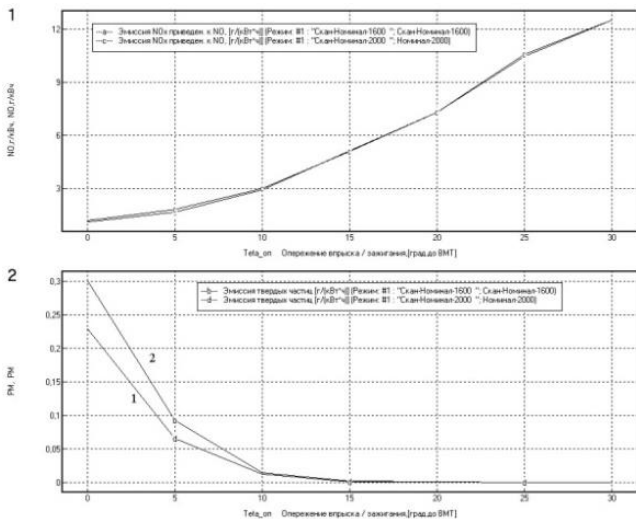
**Рис. 1. Зависимости относительной скорости тепловыделения (1) и давления впрыска (2) от угла поворота коленчатого вала на номинальном режиме:  
1 -  $P_a = 2000$  бар, 2 -  $P_a = 1600$  бар**



**Рис. 2. Влияние угла опережения впрыска на мощность (1) и на удельный расход топлива (2) на в номинальном режиме:  
1 -  $P_a = 2000$  бар, 2 -  $P_a = 1600$  бар**



**Рис. 3. Влияние угла опережения впрыска на максимальное давление сгорания (1) и на скорость нарастания давления при сгорании (2) на номинальном режиме: 1 -  $P_a = 2000$  бар, 2 -  $P_a = 1600$  бар**



**Рис. 4. Влияние угла опережения впрыска на эмиссию окислов азота (1) и на эмиссию твердых части (2) на номинальном режиме: 1 -  $P_a = 2000$  бар, 2 -  $P_a = 1600$  бар**

На рис. 3 видно, что максимальное давление сгорания и жесткость работы практически не зависят от давления впрыска. Более высокое давление впрыска позволяет существенно уменьшить эмиссию твердых частиц в зоне малых углов опережения впрыска

На рис. 4 видно, что эмиссия окислов азота практически не зависит от давления впрыска. Поэтому повышение давления впрыска используется для снижения выбросов твердых частиц.

Согласно проведенным расчетам рабочего цикла дизеля АПД 250/300 по программе «ДИЗЕЛЬ –RK» уменьшение максимального давления топлива в аккумуляторе до 160 МПа при условии сохранения продолжительности топливоподачи и выбора соответствующего угла опережения впрыска не влияет существенно на показатели дизеля.

## ОЦЕНКА ВИБРАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННОГО ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Е.С. Белоусова<sup>1</sup>, И.А. Яманин<sup>2</sup>, А.И. Яманин<sup>1</sup>

Научные руководители – **А.И. Яманин**, д-р техн. наук, профессор;  
**И.А. Яманин**, канд. техн. наук

<sup>1</sup>Ярославский государственный технический университет

<sup>2</sup>Гаврилов-Ямский машиностроительный завод «Агат»

*Рассмотрены перспективы применения поршневых двигателей на беспилотных летательных аппаратах. Расчетным путем и экспериментально исследована виброактивность двигателя. Описан экспериментальный метод определения упругих характеристик опор двигателя для нахождения коэффициента демпфирования. Предложены варианты крепления двигателя к раме летательного аппарата.*

**Ключевые слова:** авиационный поршневой двигатель, вибрации, упругие опоры, беспилотный летательный аппарат, среднееквадратичное значение виброскорости, коэффициент демпфирования.

## EVALUATION OF THE VIBRATION STATE OF AN AIRCRAFT PISTON ENGINE

E.S. Belousova<sup>1</sup>, I.A. Yamanin<sup>2</sup>, A.I. Yamanin<sup>1</sup>

Scientific Supervisors – **A.I. Yamanin**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor; **I. A. Yamanin**, Candidat of Technical Sciences

<sup>1</sup>Yaroslavl State Technical University

<sup>2</sup>JSC GMZ «Agat»

*The prospects of using piston engines on pilotless vehicles are considered. The vibration activity of the engine was calculated and experimentally investigated. An experimental method for determining the elastic characteristics of the engine supports for finding the damping coefficient is described. Options for attaching the engine to the frame of the aircraft are proposed.*

**Keywords:** aviation piston engine, vibrations, elastic supports, unmanned aerial vehicle, root-mean-square value of vibration velocity, damping ratio.

Перспективным направлением развития авиатехники является разработка беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с поршневыми двигателями, большинство из которых составляют двигатели зарубежного производства.

Мощностные ряды отечественных авиационных поршневых двигателей (АПД) в настоящее время отсутствуют, в связи с чем ставится задача импортозамещения и обеспечения экспортного потенциала авиадвигателестроения [1, 2].

Разработка отечественных АПД ведется на нескольких российских предприятиях, в том числе Гаврилов-Ямском машиностроительном заводе «АГАТ». Одной из разработок является четырехтактный четырехцилиндровый бензиновый двигатель (рис. 1) с горизонтальным оппозитным расположением цилиндров мощностью 102 кВт.

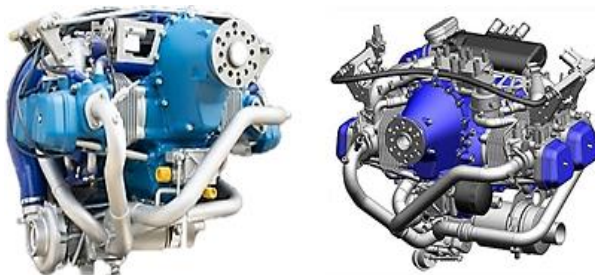


Рис. 1. Бензиновый двигатель АПД 110/120 (АО ГМЗ «АГАТ»)

В отличие от наземных двигателей к авиационным предъявляются повышенные требования по виброактивности. Наиболее удобным параметром для контроля вибрационного состояния является среднеквадратичное значение (СКЗ) виброскорости, так как этот параметр сразу учитывает энергетическое воздействие на опоры от всех возбудителей вибрации [3, 4]:

$$\text{СКЗ} = \sqrt{\frac{1}{2} \sum A_i^2}, \quad (1)$$

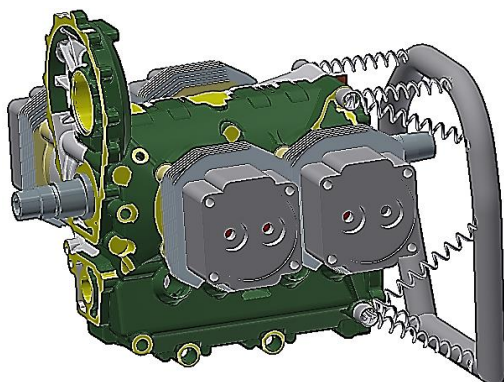
где  $A_i$  – амплитуда  $i$ -й гармонической составляющей виброскорости.

По техническим требованиям СКЗ виброскорости двигателя АПД 110/120 не должно превышать 200 мм/с.

Авторами выполнена расчетная и экспериментальная оценка виброактивности этого двигателя.

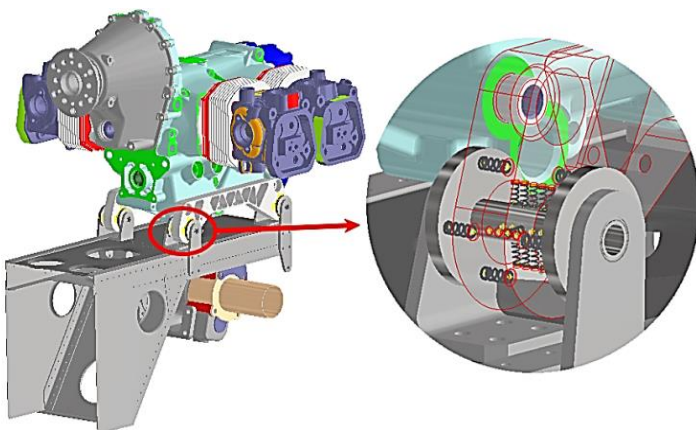
Расчеты выполнялись в среде динамического моделирования приложения Autodesk Inventor Professional 2020 с использованием твердотельной модели двигателя, установленного на упругие опоры. Стержневые опоры моделировались в виде пружин увеличенной жесткости, резинометаллические (обеспечивающие перемещения двигателя относительно рамы во всех направлениях) – в виде набора пружин (рис. 2, 3).





**Рис. 2. Твёрдотельная расчетная модель двигателя**

Основное внимание уделялось проектированию упругих резинометаллических опор двигателя. Разрабатывались различные варианты крепления, которые представлены на рис. 3.



**Рис. 3. Варианты установки двигателя на упругие опоры**

Упругие характеристики опор определялись экспериментально по величине логарифмического декремента затухания. В узлах крепления двигателя к летательному аппарату на кронштейны №1, №2 (рис. 4), устанавливались трехкомпонентные виброакселерометры, позволяющие записывать значения виброперемещения, виброскорости и виброускорения этих точек. После единичного удара по опорам выполнялась регистрация сигналов с помощью измерительного комплекса ZETLAB (рис. 4).0

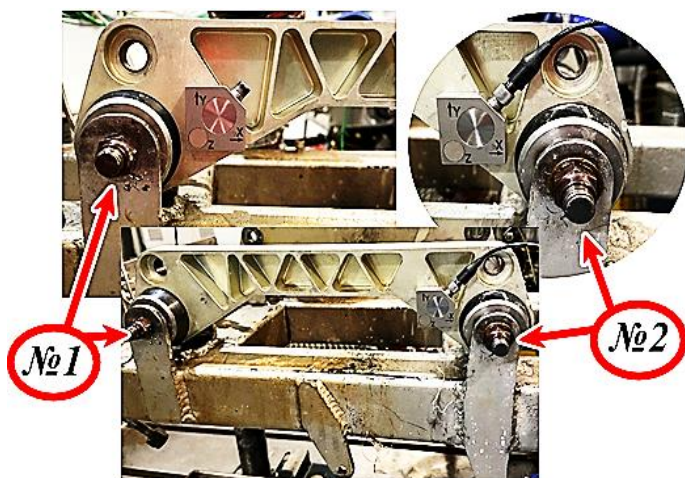


Рис. 4. Экспериментальное определение упругих характеристик опор

При расчете виброактивности двигателя в качестве возмущающих сил учитывались реальные индикаторные диаграммы газовых сил в каждом цилиндре. Симуляция вынужденного движения трехмерной модели двигателя и запись виброскорости опор производились в течение десяти рабочих циклов с шагом по времени, соответствующим  $1^\circ$  поворота коленчатого вала.

Результаты сравнения расчетных и экспериментальных значений виброскоростей опорных точек приведены в таблице 1. Погрешность расчетов для вибрационных исследований является допустимой.

Таблица 1. Результаты расчета СКЗ виброскорости опор АПД 110/120

Метод определения вибрационного состояния	СКЗ виброскорости, мм/с					
	Опора №1			Опора №2		
	X	Y	Z	X	Y	Z
Расчетный	36,54	22,88	58,12	37,33	22,21	55,14
Экспериментальный	29,04	27,15	46,92	28,03	28,36	44,48

Видно, что уровень вибраций двигателя в местах его крепления к ЛА не превышает предельно допустимых значений (СКЗ виброскорости не более 200 мм/с), заявленных техническим заданием. Следовательно, разработанная компьютерная вибрационная модель является корректной и может быть использована на этапах проектирования и доводки двигателя.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кузнецов Г.А.* Мощностные ряды отечественных поршневых двигателей беспилотных и пилотируемых летательных аппаратов / Г.А. Кузнецов, Е.Д. Крылов // COLLOQUIUM-JOURNAL. 2020. №2 (54). С. 213–224.
2. *Книгель А.* Безопасность полетов и сертификация типа, разработчиков и изготовителей легких воздушных судов // Авиасоюз. 2020. № 6 (83). С. 22–24.
3. *Яманин А.И.* Компьютерные вибрационные модели поршневых двигателей. Монография. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2019. 176 с.
4. *Новиков Д.С.* Анализ вибрации в составе автомобильного силового агрегата / Дис. ... канд. техн. наук: 05.04.02 / Новиков Дмитрий Сергеевич. Ярославль: ЯГТУ, 2013. 140 с.

УДК 621.436

## ОСОБЕННОСТИ КОНВЕРТАЦИИ АВТОТРАКТОРНЫХ ДИЗЕЛЕЙ В СУДОВЫЕ

**А.П. Васильев, А.А. Ивнев**

Научный руководитель - **А.А. Ивнев**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются возможности использования дизельных двигателей авто-тракторного назначения в составе главных и вспомогательных судовых силовых установок путем их конвертации.*

***Ключевые слова:** автотракторный дизельный двигатель, судовой двигатель, конвертация, модернизация систем.*

## FEATURES OF CONVERTING MOTOR-TRACTOR INTERNAL COMBUSTION ENGINES TO MARINE ONES

**A.P. Vasilev, A.A. Ivnev**

Scientific Supervisor - **A.A. Ivnev**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The paper considers the possibility of using diesel engines for automotive and tractor purposes as part of the main and auxiliary ship power plants by converting them.*

***Keywords:** automotive diesel engine, marine engine, conversion, modernization of systems.*

Одним из ключевых ориентиров стратегии развития [1] сегмента рынка судового двигателестроения России является транспортная безопасность, обеспечение которой связано с решением задач разработки и освоения технологий для производства конкурентоспособной продукции; создания условий для ликвидации зависимости от зарубежных производителей в области материалов, оборудования и комплектации судов гражданского назначения.

В настоящее время на судах речного флота России эксплуатируется приблизительно 35 тыс. четырехтактных дизелей. Под надзором Морского и Речного Регистров [2, 3] находится более 30000 судов с силовыми установками агрегатной мощности до 1748 кВт, и они покрываются тремя десятками типо-

размерами дизелей российского и импортного производства. Значительная часть этого парка выработала ресурс, двигатели устарели и значительно уступают современным двигателям по технико-экономическим показателям, а для многих судов, оснащенных импортными двигателями, для замены и ремонта нет аналога среди отечественных производителей [4].

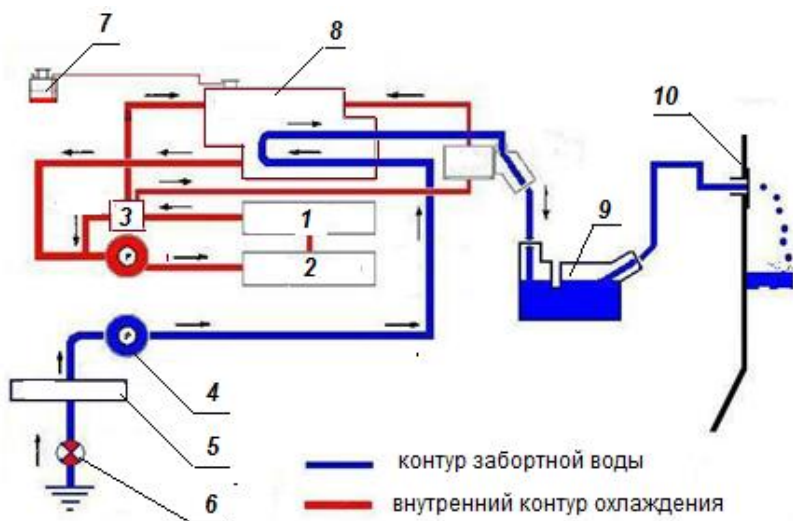
Среди важнейших приоритетных проектов конкурентоспособной судовой техники гражданского назначения являются новые типы двигателей, энергетических установок и вспомогательных силовых установок, обладающих повышенной надежностью, безотказностью и увеличенным ресурсом [1]. Альтернативой устаревшим судовым двигателям могут быть автотракторные двигатели [5], подготовленные и дооснащенные в соответствии с правилами Морского или Речного Регистров (в зависимости от места использования двигателя).

Конвертацией называется процесс приспособления (модернизации) автотракторного двигателя к работе в качестве энергетической установки речного или морского судна.

Анализ необходимых требований к модернизации, связанной с изменением конструкции и систем автотракторных дизельных двигателей при конвертации, показал техническую возможность использования их в составе главных и вспомогательных силовых судовых энергетических установок.

В частности, необходимо внести изменения в систему охлаждения. По требованиям Российских Морского и Речного Регистров для охлаждения двигателя необходимо использовать забортную воду. Однако, непосредственное охлаждение двигателя забортной водой невозможно, поскольку среда является агрессивной, поэтому используется двухконтурная система охлаждения с теплообменником типа вода-вода, во внутреннем контуре которой циркулирует охлаждающий теплоноситель (подготовленная вода, антифриз), а во внешнем контуре циркулирует забортная вода. Во внешнем контуре имеются насос забортной воды (как правило, центробежный или вихревой) с электроприводом или приводом от коленчатого вала двигателя, фильтр-грязевик, теплообменник типа «вода-вода», трубопроводы (рис. 1).

Необходима модернизация системы выпуска отработавших газов. По требованиям [2, 3] температура выпускного газового коллектора не должна превышать 90 °С. Это требование выполняется из соображений пожаробезопасности, так как возможное попадание масла или топлива может привести к задымленности и пожару машинного отсека. Для решения этой проблемы возможно выполнение жидкостного охлаждения газового коллектора. Его выполняют как путем объединения с системой охлаждения двигателя, так и путем выполнения индивидуального контура охлаждения коллектора с отдельными теплообменником и насосом забортной воды.



**Рис. 1. Схема двухконтурного охлаждения судового двигателя:**

1 - головка цилиндров ДВС; 2 - блок цилиндров ДВС; 3 - термостат; 4 - насос внешнего контура; 5 - фильтр; 6 - кинкет; 7 - расширительный бачок; 8 - теплообменник «вода-вода»; 9 - глушитель-ватерлок; 10 - выхлопная труба в транце

Для форсированных двигателей с газотурбинным наддувом использовать охлаждаемый газовый коллектор нецелесообразно, так как это снизит температуру выхлопных газов и, как следствие, и эффективный КПД турбины. Чтобы соответствовать правилам Регистров [2, 3] и не снижать эффективного КПД турбины, необходимо уменьшить температуру внешней поверхности коллектора без снижения температуры потока выхлопных газов. Такого результата можно добиться следующими путями:

1. Выполнение «трехслойного» коллектора; в данном случае во внутреннем патрубке движется поток выхлопных газов, во внешнем кольце движется охлаждающая жидкость, а между потоками находится пространство, изолирующее два потока от контакта через поверхность стенки; обычно изолирующая полость оснащается датчиком утечки воды.

2. Экранирование поверхности коллектора позволит отражать тепло инфракрасного излучения обратно внутрь коллектора.

3. Теплоизолирующие краски - специальные покрытия, обладающие очень низким коэффициентом теплопроводности, а также антикоррозионными свойствами; снижение коэффициента теплопроводности производится за счет добавления в материал специальных полых керамических наносфер.

4. Система газотурбинного наддува в целом нуждается в перенастройке турбокомпрессора системы для работы двигателя по винтовой характеристике,

в установке датчиков температуры надувочного воздуха и вентилях для спуска конденсата.

Для снижения температуры отработавших газов и уменьшения уровня шума помимо охлаждения поверхности выпускного коллектора, система выпуска отработавших газов может оснащаться водяной форсункой для осуществления «мокрого выхлопа».

Дополнительно может устанавливаться глушитель-водяной замок, наличие которого положительно сказывается на уровне шума. Важной особенностью данного элемента системы – препятствие обратного тока воды в двигатель через транцевую трубу (через которую осуществляется слив забортной воды из внешнего контура системы охлаждения).

Система воздухоочистки не нуждается в доработках, так как судовой двигатель не работает в условиях запыленности.

Система смазки также требует модернизации: масляный воздушный автомобильный радиатор заменяется наводо-масляный теплообменник кожухотрубного типа; такой теплообменный аппарат может быть подключен к системе охлаждения двигателя либо к отдельному насосу забортной воды (зависит от возможности отвода теплоты системой охлаждения двигателя).

Система топливоподачи нуждается в модернизации топливопроводов высокого давления (участки топливопроводов от ТНВД до форсунок); они должны быть защищены от разрыва и разбрызгивания топлива на двигатель и вспомогательные агрегаты. Для выполнения этого условия трубопроводы выполняются двухслойными (труба в трубе), а в полость между трубками устанавливается датчик утечки топлива.

Приведенные направления модернизации автомобильных двигателей в процессе конвертации в судовой апробированы на двух предприятиях Ярославского региона: ОАО «ТМЗ», г. Тутаев Ярославской области и ООО «ПК «Автодизель-сервис-Центр»», г. Ярославль. Предприятия имеют сертификаты Российского Речного Регистра и изготавливают несколько видов конвертированных двигателей, судовых дизель-генераторных установок, дизель-реверс-редукторных агрегатов, модернизируют устаревшие силовые судовые установки на базе серийных двигателей ЯМЗ различной мощности (до 600 кВт) для речного судоходства (рис. 2).



**Рис. 2. Подготовка конвертированного двигателя к испытаниям (фото автора)**

Отработанный производственный процесс конвертации автотракторного двигателя в судовой не занимает много времени, имеет мелкосерийный или индивидуальный характер и экономически выгоден по сравнению с изготовлением нового судового двигателя.

Таким образом, при выполнении указанных модернизаций конвертированный двигатель может успешно использоваться в качестве главной или вспомогательной силовой установки судна.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российский Морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Часть VII «Механические установки». СПб., 2020. С. 24-28.
2. Российский Речной регистр. Правила классификации и постройки маломерных судов. Часть IV «Энергетическая установка и системы» (проект). М., 2017. С.33-80.
3. Стратегия развития судостроительной промышленности на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (утв. приказом Министерства промышленности и энергетики РФ от 6 сентября 2007 г. № 354). URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/92194/#92194> (дата обращения 18.03.2021).
4. Безюков О.К. Состояние и перспективы судового двигателестроения в России / О.К. Безюков, В.А. Жуков // Вестник АГТУ. Сер. Морская техника и технология. 2017. № 2. С. 40-53.
5. Курин М.С. Конвертация автотракторных ДВС в судовые модернизацией их системы газотурбинного наддува: автореф. дис. ... канд. техн. наук / М.С. Курин. СПб., 2006. 22 с.
6. Трифонов А.В. Энергоэффективность систем охлаждения двигателей маломерных судов: автореф. дис. ... канд. техн. наук / А.В. Трифонов. Астрахань., 2019. 24 с.



## **ВОЛНЫ ДАВЛЕНИЯ В ТОПЛИВОПРОВОДЕ МЕЖДУ АККУМУЛЯТОРОМ И ФОРСУНКЕЙ**

**Д.А. Вилкова, А.П. Перепелин**

Научный руководитель - **А.П. Перепелин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Данная статья посвящена математическому моделированию волновых процессов в топливопроводах аккумуляторной топливной системе дизельного двигателя.*

***Ключевые слова:** дизель, аккумуляторная топливная система, форсунка, топливопровод, аккумулятор, волны давления.*

## **PRESSURE WAVES IN THE FUEL PIPE BETWEEN RAIL AND INJECTOR**

**D.A. Vilkova, A.P. Perepelin**

Scientific Supervisor – **A.P. Perepelin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*This article is devoted to the mathematical modeling of wave processes in the fuel lines of an accumulator fuel system of a diesel engine.*

***Keywords:** diesel, accumulator fuel system, injector, pipe, rail, pressure waves.*

В статье дан приближенный метод расчета колебаний давления в топливопроводе между форсункой и аккумулятором системы Common Rail, который позволил установить взаимосвязь амплитуды колебаний давления с основными параметрами топливной системы. Интенсивные колебания давления в топливопроводе между форсункой и аккумулятором искажают характеристику впрыскивания. Поэтому возникает задача уменьшения амплитуды колебаний давления.

Причиной возникновения колебаний является падение давления в распылителе после открытия форсунки, приводящее к развитию волнового процесса в топливопроводе. Если пренебречь влиянием объема в полости распылителя и считать, что открытие форсунки происходит мгновенно, то можно получить уравнение неразрывности течения топлива в распылителе

$$\mu f_p \sqrt{\frac{2}{\rho} \sqrt{P_a + F(t) - W(t)}} = \frac{f_T}{a\rho} (F(t) + W(t)).$$

Здесь  $\mu f_p$  - эффективное проходное сечение распылителя;  $\rho$  - плотность топлива;  $P_a$  - давление в аккумуляторе;  $F(t)$  - прямая волна давления, подходящая к форсунке;  $W(t)$  - волна разрежения, возникающая в распылителе;  $f_T$  - площадь проходного сечения топливопровода;  $a$  - скорость звука в топливе.

Прямая волна давления  $F(t)$  от аккумулятора в начале процесса будет равна нулю, так как движение в топливопроводе до начала открытия форсунки отсутствует. Из уравнения неразрывности можно получить формулу для определения значения возникающей у распылителя волны давления  $W(t)$ , распространяющейся к аккумулятору

$$W(t) = -(F(t) + b) + \sqrt{(F(t) + b)^2 + 2b(P_a + F(t)) - F(t)^2}.$$

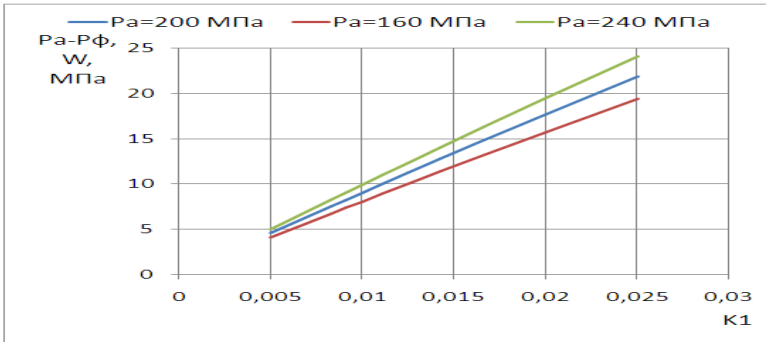
Здесь  $b = \rho a^2 (\mu f_p / f_T)^2$ .

Давление в распылителе будет равно  $P_\phi = P_a + F(t) - W(t)$ .

Волна  $W(t)$ , распространяясь по топливопроводе, уменьшает давление в нем до давления в распылителе.

Падение давления в распылителе после открытия форсунки  $\Delta P = P_a - P_\phi = W(t)$  является источником возникновения колебаний давления в топливопроводе. Как следует из зависимостей, представленных на рис. 1, величина  $\Delta P = W(t)$  линейно зависит от отношения  $K_1 = \mu f_p / f_T$ , причем при росте давления в аккумуляторе, зависимость протекает несколько круче. Например, при увеличении  $\mu f_p$  и сохранении  $f_T = \text{const}$ , величина падения давления в распылителе будет возрастать и возникнут более интенсивные колебания давления в топливопроводе. Снизить амплитуду колебаний можно путем применения топливопровода большего диаметра.

После подхода волны  $W(t)$  к аккумулятору она отражается от него в виде волны сжатия  $F(t + L_T/a)$ , которая распространяется по топливопроводу от аккумулятора к форсунке и при достижении распылителя резко повышает давление  $P_\phi$ . (Здесь  $L_T$  - длина топливопровода). Чтобы исключить резкий рост давления в распылителе нужно уменьшить величину отраженной от аккумулятора волны сжатия  $F(t + L_T/a)$  путем установки дросселя на выходе из аккумулятора. Наличие дросселя уменьшит количество топлива, поступающего из аккумулятора в топливопровод и, тем самым, снизит амплитуду отраженной от аккумулятора волны сжатия.



**Рис. 1.** Зависимости волны давления  $W(t) = \Delta P$ , возникающей в начале впрыска, от отношения проходных сечений  $K_1 = \mu f_p / f_T$

Для определения отраженной от аккумулятора волны сжатия  $F(t + L_T/a)$  при наличии выходного дросселя используем тот же подход, что и при расчете величины волны разрежения  $W(t)$ , возникающей при открытии форсунки. Используя уравнение неразрывности течения топлива на выходе из аккумулятора, получим формулу для определения волны давления  $F(t + L_T/a)$

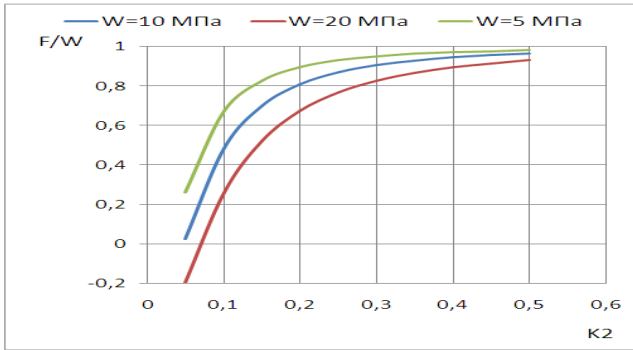
$$F(t + L_T/a) = -(W(t) + c) + \sqrt{(W(t) + c)^2 + 2cW(t) - W(t)^2}.$$

Здесь  $c = \rho a^2 (\mu f_{др} / f_T)^2$ .

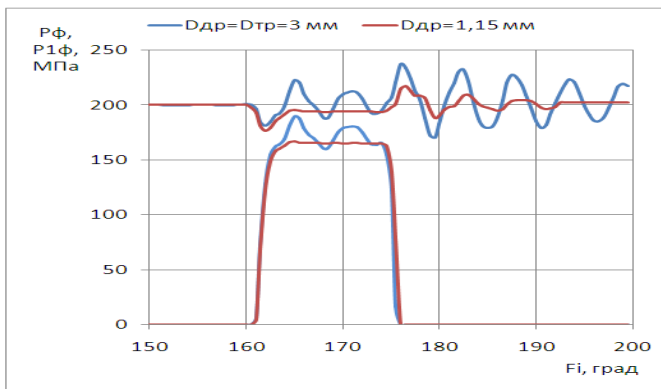
Значение отраженной от аккумулятора волны давления зависит от отношения  $K_2 = \mu f_{др} / f_T$  и величины волны  $W(t)$ , подошедшей к аккумулятору, которая в свою очередь зависит от отношения  $K_1 = \mu f_p / f_T$  (рис. 2). Установка дросселя позволяет уменьшить величину волны сжатия  $F(t + L_m/a)$ , подходящей к распылителю и исключить резкий рост давления в распылителе.

Чтобы давление в распылителе приближалось к давлению в аккумуляторе нужно выбирать значение коэффициента  $K_2 \approx 0,5$  при соответствующем значении  $W(t)$ .

Ниже в качестве примера приводится результат гидродинамического расчета подачи топлива для дизеля с параметрами системы  $\mu f_p = 0,12 \text{ мм}^2$ ,  $d_T = 3 \text{ мм}$  при  $K_1 = 0,017$ . Приняв коэффициент отражения волны давления от аккумулятора  $F(t + L_T/a) / W(t) \approx 0,5$ , получим величину  $K_2 = 0,12$ , которой соответствует дроссель с  $D_{др} = 1,15 \text{ мм}$ .



**Рис. 2. Коэффициент отражения волны давления от аккумулятора  $F(t + L_T/a)/W(t)$  в зависимости от отношения площадей проходных сечений  $K_2 = \mu f_{др}/f_T$**



**Рис. 3. Давление в распылителе  $P_{\phi}$  и перед распыливающими отверстиями  $P'_{\phi}$  при дроселе с  $D_{др} = 1,15$  мм и при его отсутствии**

Приведенные на рис. 3 графики показывают, что приближенный метод определения параметров системы дает достаточно точные результаты.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗНОСА ФОРСУНОК ТПС  
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА  
ДИЗЕЛЬНОГО АПД**

**М.А. Ермолаев, А.П. Перепелин**

Научный руководитель - **А.П. Перепелин**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Данная статья посвящена оценке влияния износа форсунок ТПС на показатели рабочего цикла дизеля.*

**Ключевые слова:** форсунка, износ, цикл дизеля.

**ASSESSMENT OF THE IMPACT OF TPS NOZZLE WEAR  
ON THE PERFORMANCE OF THE DIESEL APD WORKFLOW**

**M.A. Ermolaev, A.P. Perepelin**

Scientific Supervisor - **A.P. Perepelin**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*This article is devoted to the assessment of the influence of the wear of the TPS injectors on the indicators of the diesel engine operating cycle.*

**Keywords:** injector, wear, diesel cycle.

Особенностью расчета является определение прогнозируемого уровня безотказности изделия, на основе разработанной конструкторской документации (РКД), сопоставление полученных результатов с требованиями, указанными в техническом задании (ТЗ) на опытно-конструкторские работы (ОКР).

Поскольку приработка изделия и его старение не учитываются, то расчет показателей безотказности проводится на основе экспоненциального закона распределения вероятности отказов, которые представлены в табл. 1 и заданы в соответствии с ТЗ.

Средняя статистическая вероятность отказов приведена в табл. 2.

**Таблица 1. Вероятность отказов, заданная в ТЗ**

Наименование	Обозначение	Вероятность отказа по ТЗ, ч-1
Отказ, приводящий к выключению двигателя АПД-250/300 в работе или установлению режима, не соответствующего режиму работы	R21	10-6
Отказ, приводящий к невозможности запуска двигателя АПД-250/300	R22	10-5
Отказ, приводящий к необходимости экстренного выключения двигателя АПД-250/300	R23	10-7
Отказ, приводящий к невозможности выключения двигателя АПД-250/300	R24	10-7
Отказ, приводящий к невозможности приема сигналов от смежных систем	R25	5·10-6
Отказ, приводящий к выдаче в САУ двигателя АПД-250/300 ложной информации	R26	10-6

**Таблица 2. Средняя статистическая вероятность отказов**

Наименование элемента	Интенсивность отказов $X$ , ч	Количество
Шайба распылителя	$0,0056 \cdot 10^{-6}$	1
Пружина	$0,2 \cdot 10^{-6}$	3
Контакты для электропитания	$0,004 \cdot 10^{-6}$	2
Резьбовое соединение	$0,02 \cdot 10^{-6}$	3
Катушка	$0,014 \cdot 10^{-6}$	1

Суммарная вероятность отказов, заданная в ТЗ, и вероятность, полученная расчетным путем, указаны в таблице 3.

**Таблица 3. Анализ полученных результатов**

Наименование	Вероятность отказа по ТЗ, ч-1	Вероятность, полученная расчетным путем, ч-1
Отказ, приводящий к выключению двигателя АПД-250/300 в работе или приводящий к нештатному функционированию двигателя АПД-250/300	10-6	$2 \cdot 10^{-8}$
Отказ, приводящий к невозможности запуска двигателя АПД-250/300	10-6	$2 \cdot 10^{-8}$
Отказ, приводящий к необходимости экстренного выключения двигателя АПД-250/300	10-6	$2 \cdot 10^{-8}$
Отказ, приводящий к невозможности выключения двигателя АПД-250/300	10-6	См. п. 3.3
Отказ, приводящий к невозможности приема сигналов от смежных систем	10-6	$1,1 \cdot 10^{-7}$
Отказ, приводящий к выдаче в САУ двигателя АПД-250/300 ложной информации	10-6	См. п. 3.3

Сопоставив полученные результаты с требованиями, заданными в ТЗ делаем вывод, что разработанная конструкция изделия удовлетворяет требованиям безотказности.

Подтверждением требования ТЗ является расчет наработки на отказ, значение которой составило  $2 \cdot 10^5$ ч.

Недостатки конструкции, оказывающие влияние на работоспособность изделия выявлены не были.

Основываясь на опыте эксплуатации аналогичных изделий, элементами, лимитирующими надежность изделия, является игла распылителя R31 и запорный узел R34. Интенсивность отказов под нагрузкой данных элементов составляет  $0,099 \cdot 10^7$ . Данные, полученные при расчете, подтверждают уровень надежности изделия.

## ПРИМЕНЕНИЕ ГИБРИДНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА АВТОМОБИЛЕ

**М.А. Кокарев, Ю.Е. Хрящёв**

Научный руководитель – **Ю.Е. Хрящёв**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*В статье проведен анализ схем гибридных силовых установок (ГСУ) и предложена последовательная схема ГСУ с внедрением индивидуального привода колеса с помощью вентильного двигателя (ВД).*

**Ключевые слова:** гибридная силовая установка, электромотор, генератор, вентильный двигатель.

## APPLICATION OF HIBRID MOTORS FOR THE CAR

**M.A. Kokarev, Y.E. Khryashchev**

Scientific Supervisor - **Y.E. Khryashchev**, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article analyzes the schemes of hybrid power plants (HPP) and proposes a sequential scheme of HPP with the introduction of an individual wheel drive using a valve motor (VM).*

**Keywords:** hybrid power plant, electric motor, generator, valve motor.

Транспортные ДВС уровня Euro-6 достигли степени коммерческой целесообразности их производства, т. к. для достижения оптимального сочетания экономических, экологических и потребительских качеств транспортного ДВС необходима специальная настройка на каждый конкретный нагрузочно-скоростной режим. Однако ДВС может быть прецизионно настроен на единственный нагрузочно-скоростной режим в составе бортовой дизель-генераторной установки [1], поэтому в последнее время резко изменилась концепция конструкции легковых и коммерческих автомобилей в пользу гибридного привода, например, Honda, Toyota и др. Аккумуляторные батареи автомобиля, обычно представляющие сдерживающий фактор тенденции развития гибридных автомобилей, становятся все более приемлемыми для промышленного применения. Например, автомобили Honda уже сейчас оснащаются простыми и сравнительно недорогими аккумуляторами Integrated Motor Assist,



поэтому к настоящему времени разработано большое количество различных компоновочных схем, но выбор в пользу какой-либо из них остается за производителем, поэтому задача оптимизации схемы является довольно актуальной.

В практике имеются три основных схемы передачи энергии от первичного двигателя на колеса: последовательная; параллельная и смешанная (последовательно-параллельная) [2, 3].

Параллельная схема ГСУ применяется компаниями Mazda, Honda, Mercedes, BMW и др. Принцип работы ГСУ заключён в подводе к трансмиссии электрического привода, состоящего из непосредственно взаимодействующего с трансмиссией электромотор-генератора (МГ), инвентора – устройства для преобразования электроэнергии, и аккумуляторной батареи. Рассматриваемый вариант характеризуется тем, что привод автомобиля от ДВС непосредственно осуществляется постоянно, а от МГ осуществляется лишь вспомогательная функция. При необходимости максимальной мощности, электромотор включается параллельно с ДВС, и их мощность суммируется. При торможении МГ электроэнергия рекупируется в аккумулятор.

Такая компоновка позволяет более эффективно использовать крутящий момент, повышая тем самым топливную экономичность транспортного средства. ГСУ параллельного типа имеет хороший КПД, малые габариты и стоимость. Ее недостатками являются отсутствие независимого режима работы МГ и необходимость усложнения трансмиссии системой подвода мощности электромотора и, как следствие, усложнения, системы управления неравномерности работы ДВС.

Последовательно-параллельную (смешанную) схему компоновки ГСУ применяют компании Toyota, Lexus, Ford, Mazda, Nissan и др.

Схема смешанного расположения элементов ГСУ включает в себя ДВС, генератор электроэнергии, инвенторы и блок управления, электромотор, тяговую батарею и устройство распределения мощности.

Для распределения мощности между ДВС, генератором, электромотором и ведущей осью применяется планетарный редуктор. ДВС постоянно работает на самых экономичных режимах, а генератор преобразует механическую энергию ДВС в электрическую и посредством инвентора поддерживает заряд аккумуляторных батарей. Преимущества смешанной схемы ГСУ независимой работы электродвигателя от первичного, в отличие от параллельной ГСУ, и поддерживает наиболее эффективную работу ДВС. К недостаткам, как и предыдущей схемы, можно отнести довольно сложную систему управления автомобилем и трансмиссией.

Последовательная схема ГСУ применяется компаниями Chevrolet, BMW, Opel, Mitsubishi и др. Последовательное расположение элементов ГСУ схоже со смешанным, и включает в себя ДВС, генератор, инвенторы, аккумуляторную батарею и электромотор. В данной компоновке ДВС взаимодействует только с генератором и не имеет прямой связи с ведущей осью. Генератор преобразует механическую энергию в электрическую. Вырабатываемая гене-

ратором электроэнергия, в зависимости от режима работы установки ГСУ подается на тяговый электродвигатель, на накопитель энергии, либо на оба узла одновременно. Электродвигатель полностью обеспечивает привод автомобиля. При торможении работает в режиме генератора, рекуперирова энергию.

Достоинства последовательной схемы: возможность ДВС работать на постоянном режиме минимального расхода топлива. В отличие от вышеописанных схем, отсутствие специальных узлов соединения с трансмиссией. Большой потенциал компоновки силовых установок, снижение выбросов вредных веществ в атмосферу.

Недостатком является потеря КПД при преобразовании механической энергии в электрическую и обратном преобразовании на электромоторе.

Ввиду достоинств в данной работе рассматривается последовательная схема ГСУ и предлагается внедрение электродвигателей непосредственно в колеса автомобиля. Данное решение позволяет исключить узел трансмиссии, согласуется с мировой тенденцией создания более экологичных автомобилей и имеет широкий спектр внедрения электронных систем.

Электроприводом автомобиля рассматривается вентильный двигатель (ВД) постоянного тока.



**Рис. 1. Устройство вентильного двигателя**

ВД имеет бесколлекторную конструкцию [4]. На роторе установлены постоянные магниты из редкоземельных материалов. Статор имеет традиционную конструкцию. Особенностью ВД является система работы микропроцессора, датчика положения ротора и инвертора, которая приводит в движение ротор за счёт подачи тока на обмотки статора.

Благодаря конструктивным особенностям данный тип электродвигателей имеет ряд преимуществ: малые магнитные потери, обеспечение безопасной работы при максимальных нагрузках, широкий диапазон частоты вращения, высокая динамичность и надежность в эксплуатации.

Использование индивидуальных двигателей для каждого колеса позволяет отказаться от механической трансмиссии, увеличивает КПД всей системы

привода, что позволяет уменьшить мощность ДВС, позволяет осуществлять индивидуальное управление приводом каждого колеса, тем самым повышая устойчивость автомобиля на дороге безопасности и безопасность движения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. № 2653938 РФ. Способ автоматической настройки ПИД-регулятора для управления дизельным двигателем в составе электроагрегатов и электростанций: заявл. 17.03.16, опубл. 15.05.18 / Ю.Е. Хрящёв, Д.А. Епанешников, С.В. Овчинников,
2. *Капустин А.А.* Гибридные автомобили: учебное пособие / А.А. Капустин, В.А. Раков; М-во образ. и науки РФ, Вологод. гос. ун-т. Вологда: ВоГУ, 2016. 96 с.
3. Построение силовых поворотных приводов для мотора-колес / В.В. Жарский, И.В. Дайняк, В.И. Адашкевич, И.В. Темрук, М.А. Ареби // Инженерный вестник. 2007. Вып. 1(21)/5. С.59-62.
4. Гибридные автомобили. Пути повышения их энергетической эффективности / Д.А. Загарин, В.И. Сальников, А.В. Шабанов [и др.] // Автомобильная промышленность. 2016. № 4. С. 4-6.

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИЗНОСА ФОРСУНОК ТПС  
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА  
ДИЗЕЛЬНОГО АПД**

**И.В. Малахов, А.И. Яманин**

Научный руководитель - **А.И. Яманин**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*В работе рассматривается конечно-элементный расчет прочности коленчатого вала авиационного поршневого двигателя с учетом контактного взаимодействия с корпусом.*

***Ключевые слова:** поршневой двигатель, коленчатый вал, корпус, конечный элемент, расчет на прочность.*

**CALCULATION OF THE STRENGTH OF THE CRANKSHAFT  
OF AN AIRCRAFT PISTON ENGINE TOGETHER  
WITH THE CRANKCASE**

**I.V. Malakhov, A.I. Yamanin**

Scientific Supervisor - **A.I. Yamanin**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The paper considers the finite element calculation of the strength of the crankshaft of an aircraft piston engine, taking into account the contact interaction with the crankcase.*

***Keywords:** piston engine, crankshaft, crankcase, finite element, strength calculation.*

В настоящее время ведутся активные разработки летательных аппаратов для беспилотной авиации с поршневыми двигателями. Для ряда значений мощности последних отсутствуют отечественные двигатели, в связи с чем необходимо срочное решение проблемы импортозамещения.

Для решения этой задачи необходимо использовать накопленный опыт поршневого двигателестроения для наземного и водного транспорта, в которые необходимо внести изменения, соответствующие особенностям работы двигателя на летательном аппарате.

В условиях реализации программы импортозамещения на Гаврилов-Ямском машиностроительном заводе «Агат» был спроектирован бензиновый двигатель АПД-110/120 (рис. 1) мощностью 90 кВт при частоте вращения вала 5600 1/мин. Это оппозитный четырехцилиндровый двигатель с наддувом, комбинированным охлаждением, искровым зажиганием, аккумуляторной системой топливоподачи, электронным управлением; двигатель оснащен встроенным редуктором для передачи крутящего момента к воздушному винту. На оппозитных двигателях для обеспечения сборки корпус (картер) вынужденно является разъемным в продольной плоскости. Вследствие уменьшения жесткости корпуса возрастают деформации опор коренных подшипников коленчатого вала, условия работы которого значительно ухудшаются. Во время стендовых испытаний были выявлены некоторые поломки коленчатых валов и корпусов (рис. 2).



**Рис. 1. АПД 110/120**

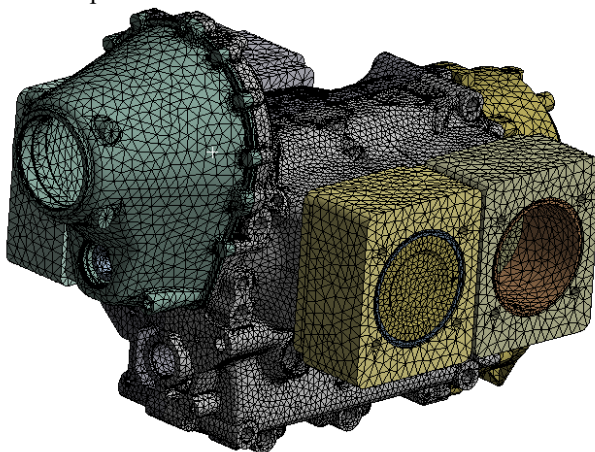
Наиболее вероятными причинами поломок вала являются недостаточная прочность конструкции совместно с крутильными колебаниями коленчатого вала. В связи с тем, что экспериментальные исследования весьма дороги и продолжительны, необходимо решение проблемы обеспечения прочности расчетным путем.

Ранее было показано [3], что задача о прочности коленчатого вала должна решаться только совместно с корпусными деталями и с учетом их контактного взаимодействия, а в идеале еще и наличия масляной пленки и быстропеременного характера нагружения. Такой расчет возможен только с применением метода конечных элементов (МКЭ).



**Рис. 2. Разрушение коленчатого вала и корпуса двигателя**

Первоначально решается задача о совместных деформациях коленчатого вала и корпуса двигателя. В качестве силовых граничных условий учитываются силы давления газов, а также инерционные силы, действующие на шатунные шейки. Расчет сил выполнен по методике, изложенной в [1]. Кинематические граничные условия предусматривают закрепления узловых точек корпуса в местах присоединения двигателя к раме летательного аппарата (по чертежу). Конечно-элементная модель (рис. 3) содержит 1100000 узлов и 648000 конечных элементов. Задача решается в квазистатической постановке для нескольких моментов времени, соответствующих различным значениям угла поворота коленчатого вала.



**Рис. 3. Конечно-элементная модель двигателя**

Один из результатов расчета приведен на рис. 4. Видно, что максимальные эквивалентные напряжения (их значения не приводятся) возникают в щеле кривошипа между цилиндрами, что удовлетворительно подтверждается результатами стендовых испытаний (см. рис. 2), в ходе которых поломки обнаруживались именно в этой зоне. Таким образом, разработанная конечно-элементная модель является корректной. Последующими расчетами предполагается оптимизировать конструкцию вала и корпусных деталей для снижения возникающих в них максимальных напряжений.

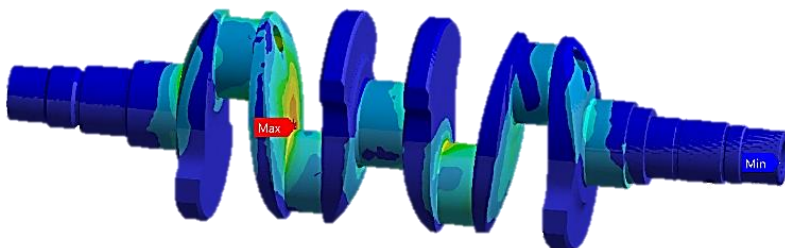


Рис. 4. Эквивалентные напряжения в коленчатом валу

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яманин А.И. Динамика поршневых двигателей внутреннего сгорания / А.И. Яманин, В.А. Жуков, С.О. Барышников. СПб: Лань, 2020. 592 с.
2. Краснокутский А.Н. Оценка выносливости базовых деталей поршневых двигателей: учебное пособие / А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков, Н.Д. Чайнов. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2013. 102 с.
3. Голубев Ю.В. Численное исследование трёхмерного напряженно-деформированного состояния блока цилиндров автомобильного дизеля с учетом его контактного взаимодействия с коленчатым валом: дис. ... канд. техн. наук / Ю.В. Голубев. Ярославль, 2000. 220 с.

## РАЗРАБОТКА САУ ТРАНСМИССИИ АВТОМОБИЛЯ

**Д.М. Малышев, Ю.Е. Хрящёв**

Научный руководитель – **Ю.Е. Хрящёв**, д-р техн. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*В статье проведен анализ систем автоматизации управления (САУ) крутящим моментом силового агрегата автомобиля и предложен вариант САУ с помощью механической коробки передач (КП).*

**Ключевые слова:** коробка передач, крутящий момент, система управления, датчики.

## DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC TRANSMISSION CONTROL SYSTEM FOR THE CAR

**D.M. Malyshev, Y.E. Khryashchev**

Scientific Supervisor - **Y.E. Khryashchev**, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article analyzes the automatic control systems (ACS) of the torque of the power unit of the car and offers a version of the ACS with a manual transmission.*

**Keywords:** transmission, torque, control system, sensors.

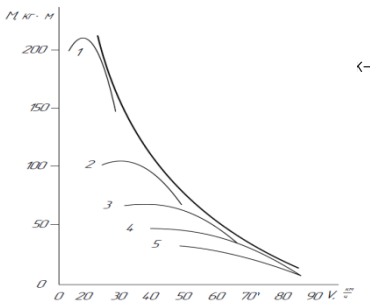
С целью оптимизации крутящего момента силового агрегата автомобиля и автоматизации управления разработаны САУ транспортным средством, обеспечивающие автоматическую смену режима движения. Функционирование современных автоматических коробок передач основано на трёх принципиально различных конструктивных схемах: гидромеханические автоматические коробки передач; вариаторы и механические коробки перемены передач с системами автоматизации управления [1].

Недостаток гидроавтоматических КП в том, что они имеют внутренние потери энергии, что приводит к повышенным затратам топлива и слабой динамике разгона. К современному классу бесступенчатых механических фрикционных передач относится вариатор. Недостатками вариаторных автоматических КП является не способность передавать большие крутящие моменты, низкий КПД и сложная система управления.



Основные технические требования, предъявляемые к коробкам передач автомобилей, включают в себя: обеспечение необходимых динамических и экономических качеств, наличие нейтрального положения для возможности длительного отсоединения двигателя от силовой передачи, простота и удобство управления, высокий КПД, надежность работы и простота обслуживания.

Коробка передач должна обеспечивать тяговую силу с минимальным расходом топлива в заданных дорожных условиях. Максимальная тяговая сила при движении с заданной скоростью реализуется при работе двигателя на режиме максимальной мощности. Для обеспечения таких условий, тяговая сила должна иметь гиперболическую зависимость (рис. 1) от скорости движения автомобиля [1]. На рис. 1 показано теоретически обоснованное распределение крутящего момента, и расчетное распределение крутящего момента на каждой передаче реальной пятиступенчатой коробки передач.



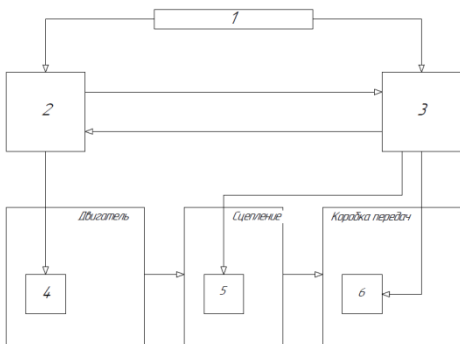
**Рис. 1. Распределение крутящего момента силового агрегата с пятиступенчатой коробкой передач**

Данная зависимость может быть получена при оптимальном крутящем моменте и постоянной частоте вращения коленчатого вала за счет бесступенчатого изменения передаточного числа трансмиссии. Для этого передаточное число должно непрерывно изменяться в зависимости от скорости движения.

Недостаток механической КП заключается в том, что водитель автомобиля с механической КП не в состоянии обеспечить теоретически необходимые режимы работы двигателя и обоснованные соотношения скорости автомобиля и выбранной передачи. Целью данной работы является автоматическая оптимизация крутящего момента силового агрегата и высвобождение функций водителя выбирать и переключать передачи, чтобы полностью сосредоточиться на других аспектах движения.

В связи с этим предлагается способ управления силовым агрегатом большегрузного транспортного средства с дизельным двигателем и механической коробкой передач [3, 4], оптимизирующий крутящий момент в зависимости от условий движения автомобиля, т.е. предлагается с помощью искусственных нейронных сетей создать алгоритмы автоматического переключения КП.

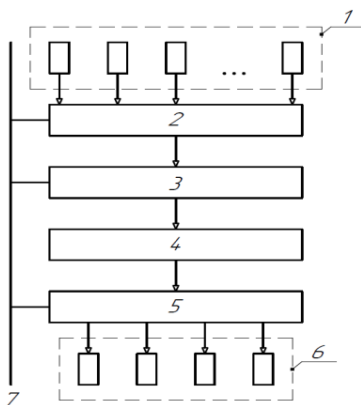
Схема функционального взаимодействия элементов систем управления силовым агрегатом представлена на рис. 2.



1 – ряд датчиков необходимых для работы СУ; 2 – электронный блок управления двигателем; 3 – электронный блок управления КП; 4 – исполнительный механизм (например: управление топливовой подачей); 5 – исполнительный механизм для выжима сцепления; 6 – ряд исполнительных механизмов для переключения передач.

**Рис. 2. Схема функционального взаимодействия элементов систем управления**

Сигналы с датчиков по электрической цепи поступают в блоки управления двигателем и КП (рис. 3). В блоке управления КП сигналы с датчиков обрабатываются с помощью логического блока 2. Обработанный сигнал с датчиков принимается логическим блоком 3, где формируется управляющий сигнал. В логическом блоке 4 управляющий сигнал с логического блока 3 конвертируется в ШИМ сигнал для управления исполнительным механизмом. Выбор нужного исполнительного механизма происходит в логическом блоке 5, откуда управляющий сигнал поступает на нужный исполнительный механизм 6 (ИМ). Данные между логическими блоками передаются через шину данных 7 [4].



1 – датчики необходимые для работы; 2 – логический блок для предварительной обработки сигналов с датчиков; 3 – блок нейронных сетей выбора необходимой передачи; 4 – логический блок для формирования управляющего сигнала для ИМ; 5 – логический блок выбора ИМ; 6 – исполнительные механизмы для управления переключением КП; 7 – шина данных для обмена информацией.

**Рис. 3. Блок-схема алгоритма управления КП**

Такая система позволяет адаптировать под автоматическое управление серийную механическую коробку передач за счет замены штатного механизма переключения передач.

Основные преимущества использования электромеханической системы управления – простота конструкции, использование одного источника энергии (электричество), высокая надежность за счет использования только одного вида энергии в приводе, использование серийно выпускаемой конструкции КП без переделки ее конструкции.

Таким образом, предлагается общая схема управления крутящим моментом в трансмиссии автомобиля с помощью электромеханической САУ, конкретные блок-схемы которых и формулы взаимодействия приведены в презентации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Петров А.П.* Современные конструкции автоматических коробок передач: учебное пособие. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2015. 80 с.
2. *Хрящев Ю.Е.* Управление коробкой передач большегрузных автомобилей / Ю.Е. Хрящев, К.В. Дойников, М.В.Тихомиров // Труды НАМИ: сб. науч. ст. М., 2016. Вып. 264. С. 92–101.
3. Пат. 2527415 С1, РФ. Система автоматизированного переключения передач в механической ступенчатой коробке передач / Ю.Е. Хрящев, К.В. Дойников, 2014.
4. Электронные системы автомобилей: учебное пособие / О.Л. Коваленко; Сев. (Арктич.) федер. ун-т им. М.В. Ломоносова. Архангельск: ИПЦ САФУ, 2013. 80 с.

## **О РЕЖИМЕ РАБОТЫ УПЛОТНЕНИЙ РЕГЕНЕРАТИВНЫХ ВОЗДУХОПОДОГРЕВАТЕЛЕЙ ПАРОВЫХ КОТЛОВ**

**А.Д. Водениктов, К.Д. Вьюгова, Н.Д. Чичирова**

Научный руководитель – **Н.Д. Чичирова**, д-р хим. наук, профессор

Казанский государственный энергетический университет

*В работе рассматривается проблема повышенных присосов воздуха во вращающихся регенеративных воздухоподогревателях, а также влияние периферийных уплотнений на режим работы воздухоподогревателя. Показаны результаты изменения зазоров периферийных уплотнений на газоплотность и температурное состояние РВП.*

***Ключевые слова:** паровой котел, воздухоподогреватель, присосы, уплотнения.*

## **WORKING REGIMES OF THE AIR PREHEATER SEALS**

**A.D. Vodeniktov, K.D. Vyugova, N.D. Chichirova**

Scientific Supervisor – **N.D. Chichirova**, Doctor of Chemical Sciences, Professor

Kazan State Power Engineering University

*This paper describe the problem of the high level of the air leakages in rotated air preheaters and the influence of the circumferential seal gape on the APH working regimes. Results of the clearance change and its influence on stator temperature are shown.*

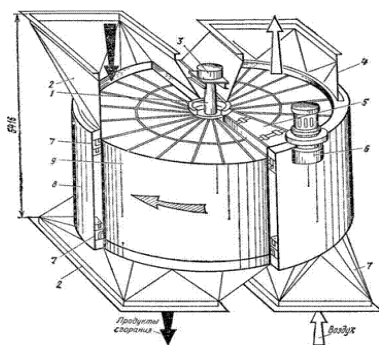
***Keywords:** boiler, air preheater, leakages, seals.*

На сегодняшний день неотъемлемой частью энергетического котла является воздухоподогреватель, использование которого позволяет снизить потери с уходящими газами, повысив тем самым экономичность работы и КПД котла. Снижение температуры уходящих газов на каждые 17-18 градусов дает экономию топлива в 1%. Применение воздухоподогревателя в современных котельных агрегатах снижает расход топлива на 15%.

В отечественном котлостроении наиболее широкое распространение получили рекуперативные и регенеративные воздухоподогреватели. В рекуперативных воздухоподогревателях теплота от дымовых газов к воздуху передается непрерывно через стенку. В регенеративных воздухоподогревателях (РВП) металлическая насадка попеременно омывается дымовыми газами и

воздухом. В результате теплота дымовых газов, аккумулированная насадкой, передается воздуху. Теплообменные поверхности (насадки) уложены в несколько слоёв с помощью пакетов, и вращаются вместе с ротором с частотой 2-3 оборота в минуту. Для предотвращения перетоков воздуха в дымовые газы используется система уплотнений, включающая в себя радиальные, периферийные и аксиальные.

Особенность конструкции РВП – наличие ротора и статора, обуславливает определенные сложности в эксплуатации данных теплообменных аппаратов. Так, цикличное изменение температуры ротора вызывает его тепловые деформации, что влечет за собой изменение зазоров в уплотнениях. Повышенные перетоки воздуха негативно сказываются на КПД котлоагрегата, снижают экономичность работы генерирующего оборудования и могут ограничивать паропроизводительность котла. Для предотвращения вышеописанных проблем оперативный персонал электростанции должен уделять особое внимание работе уплотнений.



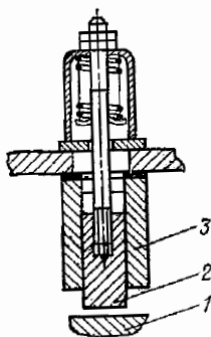
**Рис. 1. Конструкция регенеративного воздухоподогревателя:**

- 1 – вал ротора; 2 – газовые патрубки; 3 – верхний подшипник; 4 – патрубки для воздуха;
- 5 – радиальное уплотнение ротора; 6 – электродвигатель с редуктором;
- 7 – наружное уплотнение ротора; 8 – наружный кожух; 9 – ротор

Принцип действия используемых в отечественных РВП уплотнений основан на создании минимального зазора между вращающимися и неподвижными частями. Зазоры, согласно инструкциям заводов изготовителей, не превышают 2 мм. В качестве уплотнений используют металлические пластины, а также графитовые или чугунные колодки. Вышеперечисленные конструкции позволяют достигнуть величины перетоков воздуха в РВП около 14%. В ряде случаев, для РВП устаревших конструкций, величина перетоков воздуха может достигать 20%.

В ходе исследования, авторами был произведен анализ режима работы РВП-54 до и после регулировки периферийных уплотнений. В отопительный период, при максимальной паровой нагрузке котла БКЗ-320-140, наблюдались

повышенные перетоки воздуха в воздухоподогревателе (которые фиксировались по увеличению содержания кислорода в дымовых газах за РВП). Данное явление сопровождалось увеличением температуры кожуха воздухоподогревателя.



Первоочередной задачей являлось снижение температуры наружного кожуха с целью обеспечения нормальной работы привода воздухоподогревателя, для которого крайне неблагоприятно работать в области высоких температур. Для этого на работающем РВП была выполнена ручная регулировка положения графитовых колодок периферийных уплотнений.

**Рис. 2. Периферийное уплотнение РВП ТКЗ**  
1 – ротор; 2 – колодка; 3 – направляющая

Уменьшение зазора, в среднем, на 2 мм, позволило уменьшить расход перетекаемого горячего воздуха в пространство между ротором и статором. Это повлекло за собой снижение температуры стенок кожуха. Однако величина перетоков воздуха в уходящие газы практически не изменилось. Полученные результаты подтверждают, что обеспечение высокой газоплотности РВП достигается, в первую очередь, совершенством конструкции радиальных уплотнений.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Добряков Т.С.* Воздухоподогреватели котельных установок / Т.С. Добряков, В.К. Мигай.: Энергия, 1977. 184 с.
2. *Боткачик И.А.* Регенеративные воздухоподогреватели парогенераторов. М.: Машиностроение, 1978. 175 с.
3. *Skierko T.* Some essential principles for adjustment of seal clearances in rotary regenerators // *Heat Transfer Engineering*. 1993. №14. P. 27-43.
4. *Шастин В.Н.* Справочник по ремонту котлов и вспомогательного котельного оборудования. М.: Энергоиздат, 1981. 496 с.

**ПРИМЕНЕНИЕ АВТОНОМНОГО ИСТОЧНИКА  
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ РОТОРНОГО ДЕТАНДЕР-  
ГЕНЕРАТОРНОГО АГРЕГАТА МАЛОЙ МОЩНОСТИ  
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ  
ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

**С.А. Дронов, А.В. Федюхин, В.Э. Панарин, Д.В. Семин**

Научный руководитель – **А.В. Федюхин**, канд. техн. наук, доцент

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

*Рассматривается актуальность разработки и применения маломощных автономных источников электроснабжения объектов системы газораспределения на базе роторных детандер-генераторных агрегатов. Создана математическая модель установки в среде Aspen HYSYS.*

**Ключевые слова:** детандер-генераторные агрегаты, расширительные машины, роторные детандерные агрегаты, турбодетандерные агрегаты, автономные источники электроэнергии, маломощные детандеры, энергоэффективность, газорегуляторные пункты.

**APPLICATION OF AN INDEPENDENT POWER SUPPLY SOURCE  
BASED ON A LOW-POWER ROTARY DETANDER GENERATOR  
UNIT TO INCREASE THE ENERGY EFFICIENCY OF OBJECTS  
GAS DISTRIBUTION SYSTEM**

**S.A. Dronov, A.V. Fedyukhin, V.E. Panarin, D.V. Syomin**

Scientific Supervisor – **A.V. Fedyukhin**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

National Research University «MPEI»

*The relevance of the development and use of low-power autonomous power supply sources for gas distribution system facilities based on rotary expander-generator units is considered. A mathematical model of the installation was created in the Aspen HYSYS environment.*

**Keywords:** expander-generator units, expansion machines, rotary expander units, turbo-expander units, autonomous power sources, low-power expanders, energy efficiency, gas control points.

# 1. Актуальность применения детандер-генераторных агрегатов в системах газораспределения

Российская Федерация занимает первое место в мире среди стран по площади, которая составляет 17 125 191 км<sup>2</sup>, а также находится в списке мировых лидеров по добыче природного газа. Наша Родина богата залежами полезно-ископаемых ресурсов, в числе которых находится природный газ. В особенности им богата Западная Сибирь, в ней находятся около 90% запасов природного газа. По статистике Министерства Энергетики Российской Федерации в 2018 году общая добыча природного и попутного нефтяного газа возросла на 5% и тем самым стала рекордным за всю историю газодобычи РФ (725,5 млрд м<sup>3</sup>).

Для транспорта «голубого топлива» тому или иному потребителю существуют газораспределительные станции (ГРС), газораспределительные пункты (ГРП), компрессорные станции (КС) и т.д., которые в совокупности образуют единую газотранспортную систему (ГТС). На данный момент можно заметить, что уровень потребления и добычи природного газа в нашей стране растет год от года, данный факт негативно сказывается на затратах энергии и средств, направленных на подготовку газа, а также на его транспортировку. Следовательно, появляется необходимость в повышении не только энергоэффективности, но и экономичности систем газотранспорта и газопотребления. В газовой промышленности в роли автономного источника электроснабжения может выступать широкий спектр технического оборудования.

Классификация автономных источников электроснабжения для газовой промышленности представлена на рис. 1.



Рис. 1. Классификация автономных источников электроснабжения для газовой промышленности

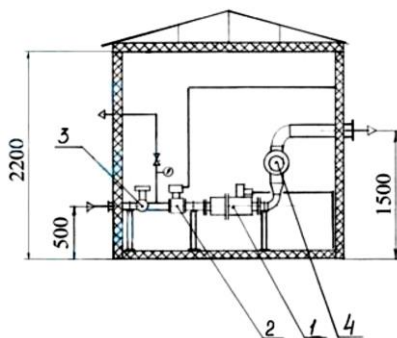


Одним из направлений энергосбережения, а также повышения уровня надежности систем газоснабжения, которое становится все более актуальным и интересным для исследований, является применение автономных источников электроснабжения в ГТС. В роли такого источника может выступать детандер-генераторный агрегат, устанавливаемый на ГРП вместо дросселирующего устройства. В детандер-генераторном агрегате происходит снижение значений температуры и давления газа, его кинетическая энергия преобразуется в механическую энергию вращения ротора, соединенного с валом генератора, в котором и вырабатывается электроэнергия. После ДГА газ продолжает путь к потребителю. Важно заметить, газ при этом не сжигается, что позволяет полностью исключить вероятность загрязнения окружающей среды вредными выбросами.

## 2. Схема включения детандер-генераторного агрегата в ГРП

Часто используемой является схема включения ДГА параллельно штатному регулятору давления. Такая схема подразумевает применение ДГА в условиях низкой неравномерности отбора газа потребителями, а также включает в себя все недостатки, присущие традиционным регуляторам давления.

Также применяют схему включения ДГА после традиционного РД, но до отвода импульсной трубки командного давления регулятора (рис. 2).

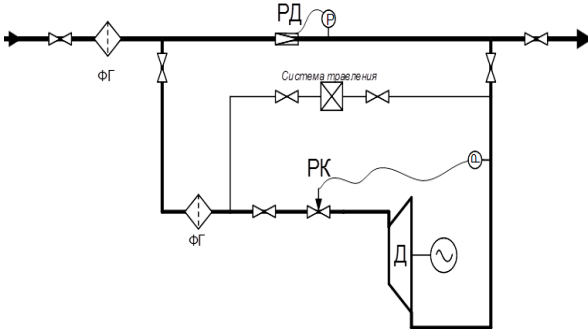


**Рис. 2. Схема включения ДГА последовательно за регулятором давления газа:**

- 1 – турбодетандер; 2 – регулятор давления; 3 – предохранительный запорный клапан; 4 – предохранительный сбросной клапан

Такой подход позволяет снизить отрицательное влияние пониженной температуры на РД, однако, подразумевает использование ДГА малой мощности [1]. Этой схеме также присущи все недостатки, связанные с использованием традиционных РД. Кроме того, отсутствует возможность механической стабилизации частоты вращения детандера в случае значительных неравномерностей отбора газа потребителями [2, 3].

Для включения образца роторного ДГА малой мощности в схему ГРП наиболее рациональным будет решение, показанное на рис. 3. На базе данного схемного решения создается математическая модель блока ДГА в среде Aspen HYSYS.



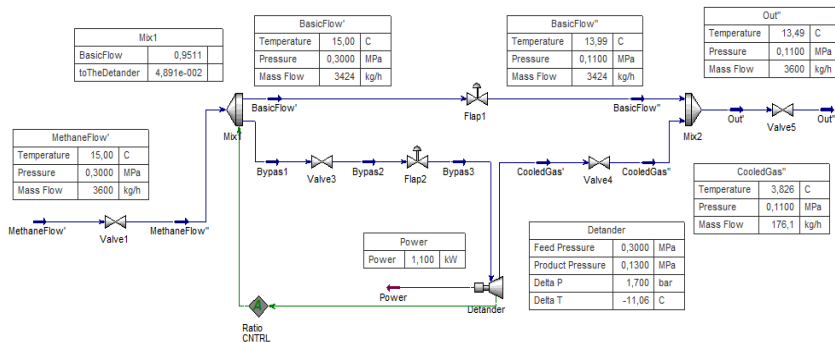
**Рис. 3. Схема включения детандера в ГРП для Aspen HYSYS**

На рис. 3 видно, что детандер подключен через байпасную линию, подача природного газа на которую регулируется двумя клапанами. Основной поток газа при этом идет через основную линию. При полной зарядке аккумулятора срабатывает автоматика, подача природного газа в детандер прекращается, и он останавливается.

### **3. Статическая модель блока ДГА, работающая в летний период**

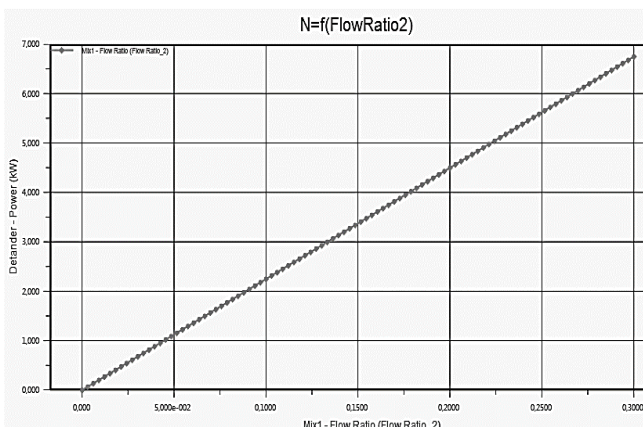
Для оценки теоретической возможности полезного использования перепада давлений природного газа с целью получения электроэнергии при помощи ДГА малой мощности, используется среда Aspen HYSYS. Aspen HYSYS представляет собой программный пакет, позволяющий моделировать процессы в стационарном и динамическом режимах, который широко применяется как в отечественной, так и в мировой науке для решения широкого спектра задач.

Данный программный продукт обуславливает свою популярность удобством и простотой создания технологических схем любой направленности, а также их автоматизированным расчетом. Для расчета технологических схем и процессов, происходящих внутри того или иного аппарата, в HYSYS содержится широкий набор термодинамических пакетов, выбор которых зависит от рабочего тела, используемого в определенном этапе технологического процесса. Схема, представленная на рис. 4, была адаптирована под среду HYSYS и показана на рис. 4.



**Рис. 4. Установка для генерации электроэнергии на базе роторного ДГА малой мощности в среде Aspen HYSYS**

С помощью созданной модели можно посмотреть, как будет изменяться соотношение долей разделенного в Mix2 потока газа, в зависимости от требуемой величины электрической мощности, сгенерированной в ДГА. На рис. 5 представлен график зависимости мощности  $N$ , вырабатываемой в ДГА от доли основного потока, направленной на линию к ДГА, созданный при помощи встроенного в HYSYS инструмента Case Studies.



**Рис. 5. График зависимости мощности  $N$ , вырабатываемой в ДГА от доли основного потока, направленной на линию к ДГА**

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка автономного источника электроснабжения газорегуляторных пунктов на базе роторного детандер-генераторного агрегата малой мощности» при поддержке гранта НИУ «МЭИ» на реализацию программ научных исследований «Энергетика», «Электроника,

радиотехника и ИТ» и «Технологии индустрии 4.0 для промышленности и робототехника» в 2020-2022 гг.».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Autonomic energy supply of distributed/isolated villages in Russia by using combination of LNG/CNG/LPG/diesel and renewable energy / V. Karasevich, V. Li, R. Kashlaev, A. Feduykhin // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 643. 012047.
2. Жигулина Е.В. Повышение эффективности детандер-генераторной технологии. / Е.В. Жигулина, В.Г. Хромченков // Надежность и безопасность энергетики. 2014. №1(24). С. 41-43.
3. Жигулина Е.В. Эффективность предварительного подогрева природного газа при использовании детандер-генераторных установок на тепловых электростанциях / Е.В. Жигулина, Н.В. Калинин, В.Г. Хромченков //Новости теплоснабжения. 2010. №2(114). С.34-38.
4. Ретин Л.А. Возможности использования энергии давления природного газа на малых газораспределительных станциях // Энергосбережение. 2004. №3. С. 34-39.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЫ  
3D-МОДЕЛИРОВАНИЯ СБОРНОГО РЕЖУЩЕГО  
ИНСТРУМЕНТА**

**А.В. Михрютин, В.В. Михрютин**

Научный руководитель – **В.В. Михрютин**, канд. тех. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технологический университет им.  
П.А. Соловьева

*В статье описывается программная система для создания 3D-моделей сборного режущего инструмента, оснащенного СМП.*

**Ключевые слова:** пластины СМП, сборный режущий инструмент, моделирование режущего инструмента, расчет углов режущего инструмента.

**SOFTWARE SYSTEM FOR CREATING 3D-MODELS  
OF MODULAR CUTTING TOOLS**

**A.V. Mikhryutin, V.V. Mikhryutin**

Scientific Supervisor – **V.V. Mikhryutin**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technological University

*The article describes a software system for creating 3D models of a modular cutting tool equipped with indexable inserts.*

**Keywords:** cutting tool with indexable inserts, cutting tool modeling, calculation of cutting tool angles

Сегодня сборные режущие инструменты со сменными многогранными пластинами (СМП) широко используются в машиностроении. Сборные инструменты с СМП позволяют повысить качество, надежность и долговечность инструмента, одновременно увеличивая производительность обработки и снижая затраты. Системы автоматизированного проектирования сейчас широко используются при разработке продукции машиностроения. Разнообразие и сложность геометрии режущего инструмента создают серьезные проблемы для процесса 3D-моделирования. В то же время существующие расчетные методы проектирования характеризуются своей узкой сферой применения, отсутствует

средства создания трехмерной модели, пригодной для использования при изготовлении. Это определяет необходимость разработки специальных обобщенных алгоритмов проектирования и соответствующих компьютерных программ, создающих трехмерные модели инструмента на основе конкретных исходных данных. Данная работа посвящена разработке программных комплексов для создания 3D-моделей сборных режущих инструментов, реализующих обобщенные конструктивные зависимости [1, 2]. Универсальный алгоритм работы программы для проектирования инструментов любого типа разработан в [3].

При разработке программы была рассмотрена возможность использования в разработке существующего графического ядра. Поэтому был проведен сравнительный анализ известных графических ядер. Для разработки программы было выбрано ядро Open Cascade. Эта библиотека позволяет выполнять 3D-моделирование на основе граничного представления объектов. Библиотека алгоритмов позволяет использовать вспомогательные функции для поиска пересечений, проектирования и определения кривых с геометрическими ограничениями.

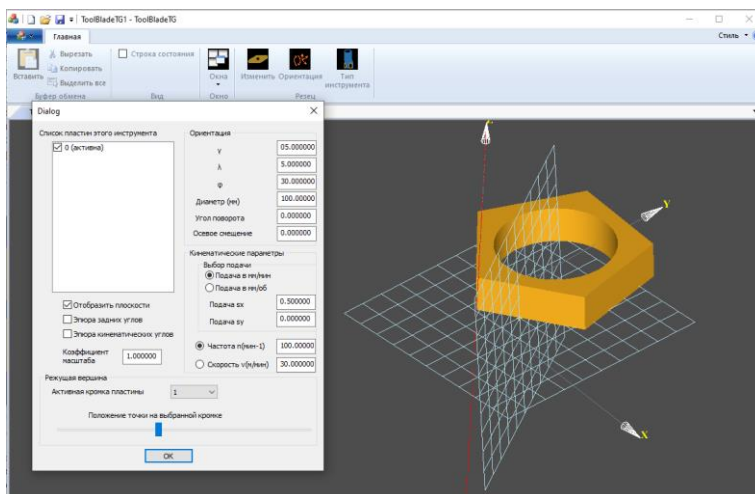
Была разработана программа, которая позволяет задавать параметры пластин и инструмента, а также рассчитывать значения передних и задних углов для любого типа инструмента, оснащенного пластинами любой стандартной формы. Разработанный программный комплекс представляет собой Windows-приложение с возможностью создания и отображения моделей режущих пластин СМП стандартной формы.

Исходными данными для создания моделей пластин является их обозначение по ГОСТ 19042-80 (ИСО 1832-85), преобразуемое в соответствующий буквенный и цифровой код.

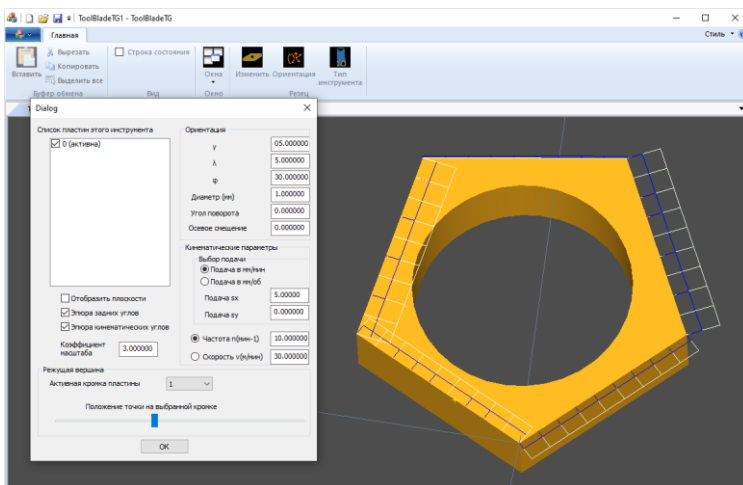
Далее производится задание ориентации пластины в корпусе инструмента в соответствии его типом и заданными значениями передних и задних углов в выбранной точке на периметре режущей кромки. Выбор производится в графическом окне, отображающем трехмерную модель пластины (рис. 1).

Далее на основе данных о типе инструмента и его геометрических данных по математическим моделям, приведенным в [2] производится расчет необходимого геометрического преобразования для определения положения гнезда для крепления пластины СМП в корпусе инструмента.

Затем производится проверка величин задних углов инструмента. Для этого существует возможность расчета и визуализации эпюры величин статических и кинематических задних углов режущей пластины вдоль ее режущего лезвия (рис. 2).

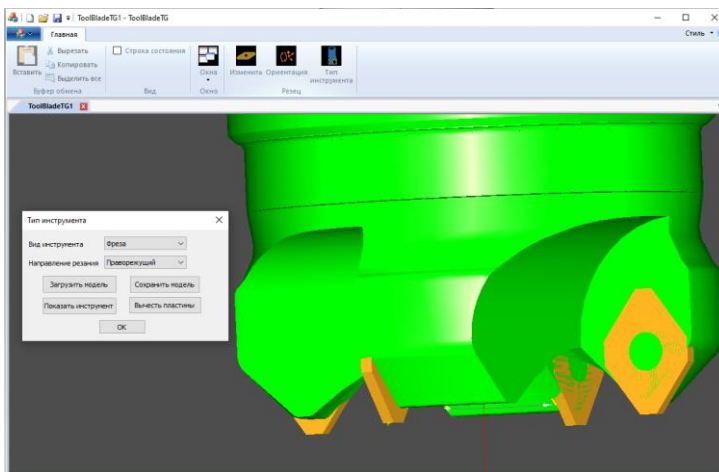


**Рис. 1. Окно приложения и ввод данных ориентации инструмента**



**Рис. 2. Модель пластины с эпюрой задних углов**

Существует возможность загрузить тело инструмента из внешней CAD-системы (рис. 3). После чего возможно задать расположение гнезд под пластины, выполнив операцию вычитания тел пластин из тела корпуса инструмента. Результирующее тело можно сохранить в файл формата step для последующей проработки во внешней CAD-системе.



**Рис. 3. Модель инструмента**

Разработанная программная система позволяет автоматизировать разработку сборного режущего инструмента, оснащенного СМП формы, стандартизованной ГОСТ 19042-80 (ИСО 1832-85) для инструмента произвольного назначения (токарные резцы, фрезы, сверла). При этом производится создание 3D-модели корпуса инструмента с гнездами под пластины.

При технологической подготовке производства предложенная система может использоваться при проверке величин значений кинематических задних углов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Михрютин В.В.* Автоматизация построения модели геометрического образа режущего инструмента, оснащенного СМП / В.В. Михрютин, С.В. Слободской // Вестник Уфимского гос. авиац. техн. ун-та. 2013. Т. 17, № 8 (61). С. 87-92.
2. *Михрютин В.В.* Математическое описание сборного режущего инструмента для моделирования процессов механической обработки // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2011. № 6. С. 22–30.
3. *Михрютин А.В.* Разработка обобщенного алгоритма создания 3d-моделей сборного режущего инструмента / А.В. Михрютин, В.В. Михрютин // Семьдесят третья всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с междунар. участием. 20 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 2 ч. Ч. 2 [Электронный ресурс]. Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2020. 944 с. 1 CD-ROM С. 55–58.



## РЕЖИМЫ РАБОТЫ КОНДЕНСАТОРОВ, ОСНАЩЕННЫХ ДЕАЭРАЦИОННЫМИ УСТРОЙСТВАМИ

**А.Д. Водениктов, Я.О. Шайхутдинов, Н.Д. Чичирова**

Научный руководитель – **Н.Д. Чичирова**, д-р хим. наук,  
профессор

Казанский государственный энергетический университет

*В работе рассматриваются конструкции деаэрационных устройств конденсаторов паровых турбин. Описаны различные типы устройств, приводятся результаты испытаний выносного деаэрационного устройства.*

**Ключевые слова:** паровая турбина, конденсатор, вакуум, кислород, деаэрация.

## WORKING REGIMES OF THE DEAERATING CONDENSERS

**A.D. Vodeniktov, Y.O. Shaikhutdinov, N.D. Chichirova**

Scientific Supervisor – **N.D. Chichirova**, Doctor of Chemical  
Sciences, Professor

Kazan State Power Engineering University

*In this paper the constructions of the deaerating hot wells are presented. Different types of the hotwells and their working regimes are described. Results of the thermal test of the external deaerating hotwell were given.*

**Keywords:** steam turbine, condenser, deaeration, oxygen, vacuum.

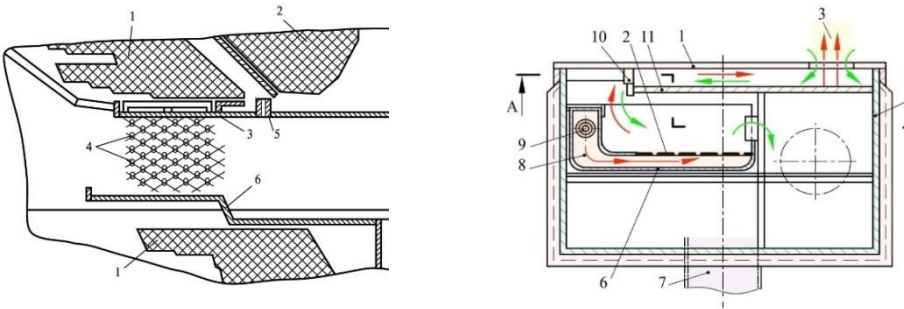
Конденсационная установка является одной из важнейших составляющих паровой турбины, влияющих на условия работы паровой турбины и её экономичность. Конденсаторы паровых турбин, в которых поддерживается предельно низкое давление отработавшего пара, являются первой ступенью деаэрации в системе регенеративного подогрева основного конденсата. Качество деаэрации определяется концентрацией растворенного кислорода на напоре конденсатных насосов и не должно превышать 20 мкг/дм<sup>3</sup>, согласно правилам технической эксплуатации.

Во время работы паровой турбины через неплотности в соединениях корпуса, сальники задвижек в паровой объем конденсатора поступает воздух. Если присосы воздуха превышают норму, то это приводит не только к ухудшению вакуума, но и к нарушению условий деаэрации, как следствие – наблюдает-

ся ухудшение качества основного конденсата. В случаях, когда содержание растворенного кислорода превышает норму, возникает необходимость в установке дополнительного деаэрирующего устройства перед конденсатосборником или в самом конденсатосборнике.

Анализ конструкций показал, что такая возможность предусмотрена в конденсаторах паровых турбин К-300-240, К-800-240 Ленинградского металлического завода, Т-250/300-240, Т-175/210-130 Уральского турбинного завода и К-500-240-1 Харьковского турбогенераторного завода.

Деаэрирующий конденсатосборник предназначен для сбора и деаэрации конденсата и защиты тем самым от коррозии тракта основного конденсата. В зависимости от системы организации потоков деаэрационные устройства подразделяются на пленочные, насадочные, струйные (при движении воды в паре) и барботажные (при движении пара в воде).

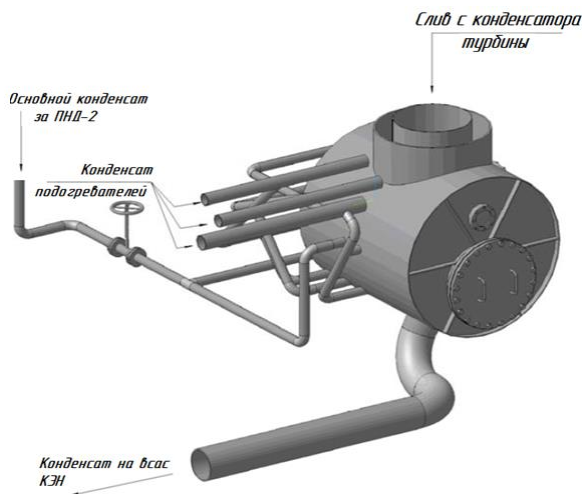


**Рис. 1. Схема деаэрационного устройства ХТГЗ (слева) и ЛМЗ (справа)**

При струйном типе (рис. 1, слева) образующийся конденсат через отверстия сливается с водораспределительных тарелок 3 на неохлаждаемые стержни 4, разбиваясь на капли и пленки. Пар для деаэрации просасывается между стержнями 4 к воздухоохладителю 2. Деаэрированный конденсат попадает на сборную тарелку 6 и с нее отводится в конденсатосборник.

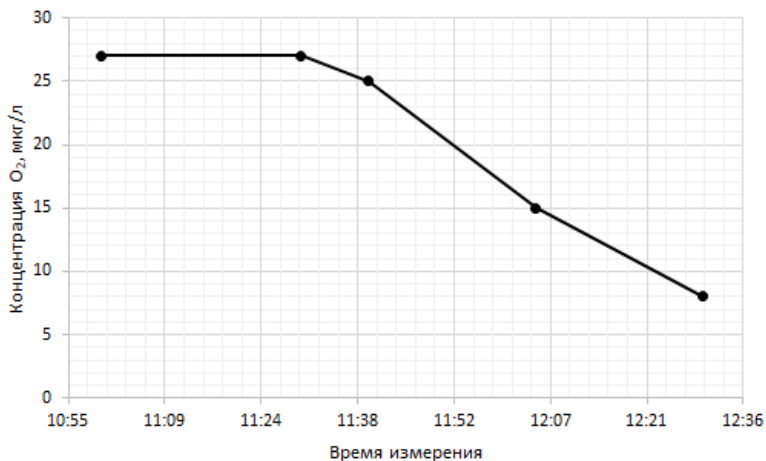
При барботажном типе (рис. 1, справа) конденсат, сливаемый из конденсатора 1, попадает на барботажный перфорируемый лист 2. Пар барботируется в виде пузырей через слой конденсата. Часть пара конденсируется, остальной пар проходит через слой конденсата и отводится в конденсатор, прежде подогреваясь на распределительном водосливе 10.

Кроме того, для турбин, заводом изготовителем которых не предусмотрено деаэрационное устройство, возможно применение выносных конденсатосборников (рис. 2).



**Рис. 2. Схема выносного деаэрационного конденсатосборника**

Применение подобных конструкций целесообразно для теплофикационных паровых турбин, работающих по тепловому графику с минимальным пропуском пара в конденсатор (рис. 3). Проведенные испытания выносного конденсатосборника, установленного на паровой турбине ПТ-60-130/13 ЛМЗ, показали эффективность его работы и позволили снизить концентрацию растворенного кислорода с 27 до 8 мкг/дм<sup>3</sup>.



**Рис. 3. График изменения концентрации кислорода**

Однако габариты данного устройства ограничивают его применение, что делает вопрос о разработке компактного и универсального устройства, позволяющего интенсифицировать вакуумную деаэрацию в конденсаторе, открытым.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лосев С.М.* Паровые турбины. М.: Госстройиздат, 1959. 384 с.
2. *Бродов Ю.М.* Конденсационные установки паровых турбин: Учеб. пособие для вузов / Ю.М. Бродов, Р.З. Савельев. М.: Энергоатомиздат, 1994. 288 с.

УДК 621.43

## РАЗРАБОТКА ВЫСОКОРЕСУРСНОГО САМООЧИЩАЮЩЕГОСЯ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРА

**П.М. Смирнов, А.А. Павлов**

Научный руководитель – **А.А. Павлов**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Разработка конструкции модульного фильтра комбинированного типа для очистки воздуха двигателей энергетических установок, обладающего высокой эффективностью и увеличенным ресурсом.*

**Ключевые слова:** газоочистка, комбинированный фильтр, электрофильтр, пыль.

## DEVELOPMENT OF A HIGH-RESOURCE SELF-CLEANING ELECTROFILTER

**P.M. Smirnov, A.A. Pavlov**

Scientific Supervisor - **A.A. Pavlov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Development of a design of a combined type modular filter for air purification of engines of power plants, which has high efficiency and increased resource.*

**Keywords:** gas cleaning, combined filter, electric filter, dust

В настоящее время энергетические установки для выработки электрической и тепловой энергий с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) широко используются на различных объектах, располагающихся во всех климатических широтах нашей страны. Например, энергетические установки применяются при разработке нефтегазовых месторождений, в промышленности, жилищно-коммунальном хозяйстве, а также в труднодоступных районах, где нет возможности подключения к электросетям [1].

Длительная работа энергетических установок с ДВС не возможна без качественной фильтрации воздуха, поступающего для его работы. Особенно остро вопрос фильтрации воздуха, поступающего в ДВС, стоит при его работе в зонах с повышенной запыленностью, характеризующейся концентрацией пыли

более  $1 \text{ г/м}^3$ . Очистку воздуха, поступающего в ДВС, осуществляет воздушный фильтр. В настоящее время в качестве воздушных фильтров ДВС получили наибольшее распространение двухступенчатые системы, которые содержат: инерционную ступень с применением прямоточных циклонов и фильтрующий элемент из картонного или иглопробивного материала. Для двухступенчатой системы очистки воздуха следует указать основные недостатки:

- существенные габариты;
- склонность к абразивному износу;
- невозможность регенерации;
- частые замены фильтрующих элементов;
- высокое гидравлическое сопротивление.

Для устранения выше обозначенных недостатков воздушных фильтров ДВС в рамках настоящей работы предложена его конструкция, которая включает в себя три основных узла: систему зарядки частиц, фильтрационную ступень и систему регенерации. Совмещение узла зарядки частиц, фильтрации и регенерации обеспечит качественно новые взаимодействия между этими процессами, что позволит создать воздушный фильтр для ДВС, обладающих повышенной пылеемкостью, стабильным аэродинамическим сопротивлением и возможностью регенерации.

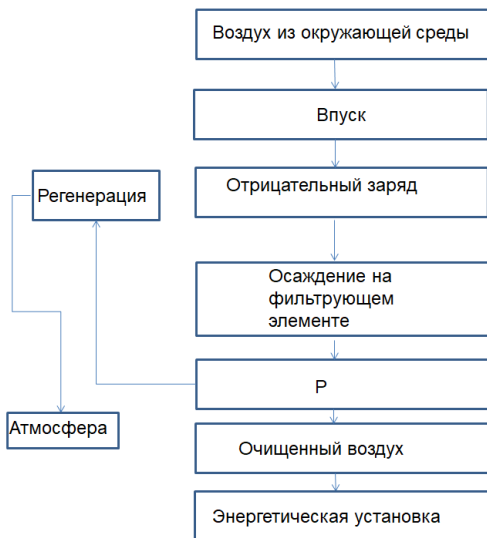
Особого внимания в работе вызывает ступень для зарядки частиц. Ступень для зарядки частиц представляет собой однозонный электрофильтр. Применение однозонного электрофильтра позволяет зарядить частицы пыли, что впоследствии процесса их осаждения на фильтрующем элементе позволит создать их рыхлый слой [2].

На рис. 1 представим схему работы аппарата. На схеме показано движение воздуха из атмосферы во впускной коллектор. Запылённый воздух поступает в электрофильтр, где частицы заряжаются отрицательным зарядом. Затем отрицательные частицы осаждаются на фильтрующем элементе. Так как частицы пыли заряжены одним и тем же электрическим потенциалом, они отталкиваются друг от друга, что позволяет создать более рыхлый слой с минимальным аэродинамическим сопротивлением. При росте аэродинамического сопротивления, происходит регенерация фильтрующего элемента обратным потоком сжатого воздуха.

Сочетание вышеописанных принципов очистки газов позволит обеспечить:

- снижение скорости нарастания аэродинамического сопротивления фильтрационной ступени
- повысить эффективность улавливания тонкодисперсной пыли
- увеличить пылеемкость существующего фильтра
- возможность работы двигателя внутреннего сгорания в очень тяжелых условиях приближенной к пылевой буре.

- увеличить межсервисный интервал по обслуживанию воздушного фильтра.



**Рис. 1. Схема работа аппарата**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коузов П.А. Очистка от пыли газов и воздуха в химической промышленности / П.А. Коузов, А.Д. Мальгин, Г.М. Скрябин. Л.: Химия, 1982. 256 с.
2. Экотехника. Аппаратура процессов очистки промышленных газов и жидкостей: учебное пособие / Д.Е.Смирнов [и др.]; под общ. ред. Л.В.Чекалова, А.В. Сугака. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2013. 180 с.

УДК 621.432

## АНАЛИЗ КРУТИЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ АВИАЦИОННОГО ПОРШНЕВОГО ДВИГАТЕЛЯ

**А.А. Тюкавкин, А.И. Яманин**

Научный руководитель – **А. И. Яманин**, д-р техн. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается расчёт крутильных колебаний авиационного поршневого двигателя с использованием усложненной схемы, включающей приводимые от вала навесные агрегаты.*

***Ключевые слова:** авиационный поршневой двигатель, крутильные колебания, крутильная система.*

## ANALYSIS OF TORSIONAL VIBRATIONS OF THE AIRCRAFT PISTON ENGINE

**A.A. Tyukavkin, A.I. Yamanin**

Scientific Supervisor – **A.I. Yamanin**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The calculation of torsional vibrations of an aircraft piston engine using a complicated scheme, including shaft-driven attachments, is considered.*

***Keywords:** aircraft piston engine, torsional vibrations, torsional system.*

На предприятии АО ГМЗ «Агат» спроектирован бензиновый четырёхтактный четырёхцилиндровый авиационный поршневой двигатель (АПД), рис.1. Двигатель имеет горизонтальное оппозитное расположение цилиндров, аккумуляторную систему топливоподачи с электронным управлением, газотурбинный наддув. Рабочий объём двигателя 1,7 л, сухая масса 92 кг, мощность (взлётная/номинальная) 88/80 кВт при частоте вращения 5600 1/мин.

Одной из особенностей авиационных поршневых двигателей является предельно малая величина коэффициентов запаса прочности для всех деталей. В этих условиях интенсифицируются все колебательные явления, в том числе, крутильные колебания коленчатого вала.





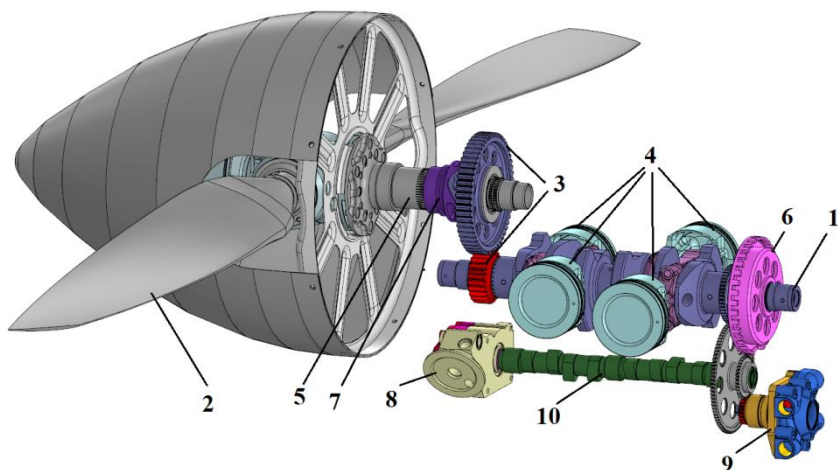
**Рис. 1. Авиационный поршневой двигатель АПД 110/120**

Во время стендовых испытаний АПД были выявлены неоднократные поломки коленчатых валов, имеющие усталостный характер (рис. 2) и предположительно вызванные крутильными колебаниями.



**Рис. 2. Разрушения коленчатого вала между шатунными шейками**

Ранее выполненные на предприятии расчеты проводились с использованием упрощенной схемы, включавшей только связанные с кривошипами моторные массы и детали редуктора. Приводимые от коленчатого вала многочисленные навесные агрегаты, имеющие значительные величины моментов инерции, не учитывались. В связи с этим возникла необходимость разработки новой крутильной схемы, показанной на рис. 3.



**Рис. 3 – Уточненная крутильная система:**

- 1 – коленчатый вал; 2 – воздушный винт; 3 – редуктор; 4 – моторные массы;  
 5 – вал винта; 6 – маховик; 7 – кулачковая муфта; 8 – масляный насос;  
 9 – водяной насос; 10 – распределительный вал

Моменты инерции масс системы определены при твердотельном моделировании, жесткости участков между массами – методом конечных элементов. Предварительные расчеты с использованием новой крутильной схемы показали отличие в результатах расчета частот свободных колебаний. Разница достигает 5%. Скорректированы программы испытаний двигателей в части исключения опасных режимов работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яманин А.И. Динамика поршневых двигателей внутреннего сгорания / А.И. Яманин, В.А. Жуков, С.О. Барышников. СПб.: Лань, 2020. 592 с.
2. Маслов Г.С. Расчёты колебаний валов: Справочник. М.: Машиностроение, 1980. 151 с.

## ПРИНЦИПЫ ВЫБОРА ПРОФИЛЯ КУЛАЧКА ТОПЛИВНОГО НАСОСА ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДАЧИ ТОПЛИВА COMMON RAIL

**С.А. Янин, А.П. Перепелин**

Научный руководитель - **А.П. Перепелин**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Данная статья посвящена методу расчета параметров топливного насоса высокого давления аккумуляторной топливной системе дизеля типа Common Rail.*

**Ключевые слова:** дизель, топливный насос высокого давления, подача топлива, плунжер, кулачок.

## PRINCIPLES FOR SELECTING A HIGH PRESSURE FUEL PUMP CAM PROFILE FOR A COMMON RAIL FUEL SYSTEM

**S.A. Yanin, A.P. Perepelin**

Scientific Supervisor - **A.P. Perepelin**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*This article is devoted to the method of calculating the parameters of a high-pressure fuel pump for a common rail diesel fuel system.*

**Keywords:** diesel, high pressure fuel pump, fuel feed, plunger, cam.

Главным требованием, предъявляемым к современному топливному насосу высокого давления (ТНВД), является получение давления подачи топлива  $P_H = 250$  МПа при обеспечении его надежности. Основной величиной для определения параметров насосной секции ТНВД является геометрическая подача за 1 ход плунжера,  $V_\Gamma = f_n \cdot h_n$ , где  $f_n$  и  $h_n$  - площадь сечения плунжера и его ход. Величина  $V_\Gamma$  определяется по формуле

$$V_\Gamma = \frac{Ne \cdot g_e \cdot \eta \cdot 1000}{60 \cdot n \cdot \rho \cdot i_x \cdot i_c \cdot (n_H/n)}$$

Здесь  $Ne$ ,  $g_e$ ,  $n$  – мощность, удельный расход топлива, частота вращения коленчатого вала;  $\rho$  – плотность топлива,  $i_x$  – число ходов плунжера за один оборот,  $i_c$  – число секций ТНВД,  $n_n$  – частота вращения вала ТНВД,  $\eta$  – коэффициент запаса ( $\eta = 1,9-2$ ).

При выборе  $V_T$  нужно ориентироваться на максимальную мощность типа дизелей, для которых создается ТНВД, чтобы иметь возможность развития конструкции без коренной перестройки производства. Необходимая величина  $V_T$  может быть получена при различном сочетании значений  $f_n$  и  $h$ . Ход плунжера  $h$  определяется профилем кулачка. При выборе профиля необходимо обеспечить прочность конструкции ТНВД. Основным параметром профиля является радиус начальной окружности кулачка. Радиус начальной окружности на 1-2 мм больше диаметра вала. Диаметр кулачкового вала выбирается из условия его жесткости и работоспособности подшипников скольжения, в которые он устанавливается. По выбранному значению хода плунжера определяется радиус-вектор головки кулачка  $R_T$  и радиус участка скругления  $R_C$ . Закон изменения скорости плунжера с таким кулачком имеет вид треугольника. Основным параметром, характеризующим надежность кулачка, является максимальное контактное напряжение в паре ролик-кулачок, рассчитываемое по формуле Герца. Для снижения контактных напряжений применяются безосевые толкатели, у которых существенно больше длина ролика по сравнению с традиционными толкателями. Учитывая, что существует оптимальное отношение радиуса ролика  $R_p$  к его длине  $b$ , равное  $k = 0,32-0,34$ , можно получить из формулы Герца выражение для определения длины ролика  $b$

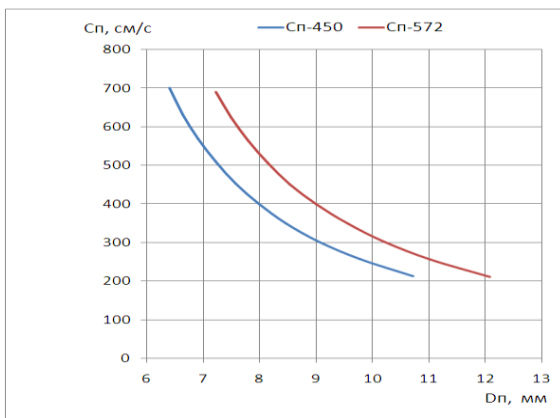
$$b = A/2 + \sqrt{(A/2)^2 + C},$$

$$A = (0,418/\sigma_k)^2 \cdot F_H \cdot E/R_C,$$

$$C = (0,418/\sigma_k)^2 \cdot F_H \cdot E/k.$$

Здесь  $\sigma_k$  – допустимая величина контактного напряжения;  $F_H$  – максимальное значение силы, действующей по нормали к профилю кулачка;  $E$  – модуль упругости стали.

Однако не любое сочетание диаметра  $d_{II}$  и хода  $h$  плунжера может быть реализовано. Современные ТНВД имеют частоту вращения вала равную или близкую к частоте вращения коленчатого вала. Это обстоятельство существенно повышает скорость плунжера, которая не должна превышать 4 м/с, чтобы исключить возможность схватывания и зависания плунжера. На рис. 1 показана взаимосвязь между диаметром плунжера и его максимальной скоростью при  $n = 2300 \text{ мин}^{-1}$  для  $V_T = 572 \text{ мм}^3$  и  $V_T = 450 \text{ мм}^3$ . Первое значение соответствует ТНВД дизеля мощностью 1100 кВт (1500 л.с), а второе соответствует форсированному шести цилиндровому дизелю ЯМЗ-780 мощностью 735 кВт (1000 л.с).



**Рис. 1. Зависимости максимальной скорости плунжера  $C_p$  для кулачка с треугольным законом изменения скорости от диаметра плунжера для  $V_T = 572 \text{ мм}^3$  и  $V_T = 450 \text{ мм}^3$**

Более предпочтительным является применение плунжера меньшего диаметра, поскольку снижаются нагрузки на ТНВД. Но для  $V_T = 572 \text{ мм}^3$  минимальный диаметр плунжера равен 9 мм, при его ходе 9 мм. Для  $V_T = 450 \text{ мм}^3$  возможно применение плунжера диаметром 8 мм при ходе 9 мм. При высоких скоростях плунжера чрезмерно растет максимальный крутящий момент на приводе, поскольку он прямо пропорционален скорости  $M_K \cdot P_H \cdot C_{II} / \omega$ , где  $\omega$  - угловая частота вращения кулачка. Снизить максимальную скорость при профилировании кулачка можно путем введения между тангенциальным и радиусным участками дополнительного радиусного участка, с постоянной скоростью, меньшей максимальной. Закон изменения скорости для такого кулачка имеет вид трапеции. На рис. 2 показано, что применение такого кулачка снижает пиковый крутящий момент в 1,38 раза при максимальной подаче топлива. Когда требуется меньшая величина  $V_T$ , то целесообразно уменьшить ход плунжера при сохранении его диаметра за счет увеличения радиуса начальной окружности. Это позволит заметно уменьшить максимальный крутящий момент. Уменьшение хода плунжера с 9 до 7 мм позволило снизить  $M_K$  в 1,68 раза (рис. 3).

Таким образом, можно утверждать, что наилучшим профилем кулачка для ТНВД аккумуляторной системы является профиль с дополнительным рабочим участком с постоянной скоростью.

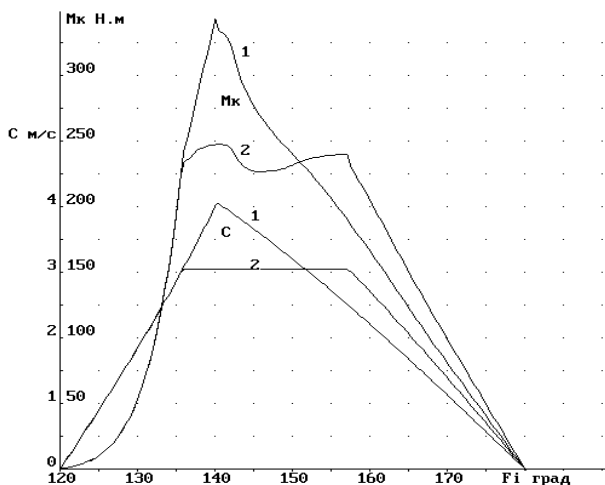


Рис. 2. Крутящий момент на валу ТНВД  $M_k$  при треугольном (1) и трапецидальном (2) законе скорости плунжера  $C$  для  $V_{\Gamma} = 572 \text{ мм}^3$  при максимальной подаче топлива плунжером

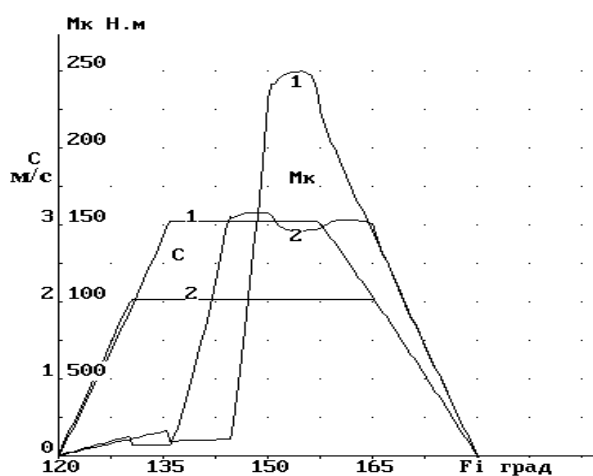


Рис. 3. Скорость плунжера  $C$  и крутящий момент на валу ТНВД  $M_k$  для  $V_{\Gamma} = 450 \text{ мм}^3$  при  $d_{II} = 9 \text{ мм}$  и ходе плунжера  $h = 9 \text{ мм}$  (1) и  $h = 7 \text{ мм}$  (2)

# СЕКЦИЯ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ»

УДК 621.742.4

## ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА ХОЛОДНОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ С ЦЕЛЬЮ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТОНКОСТЕННЫХ ОТЛИВОК

**А.А. Алина, В.Ю.Куликов**

Научный руководитель - **В.Ю. Куликов**, канд. техн. наук,  
профессор,

НАО «Карагандинский технический университет»,  
Республика Казахстан

*В статье анализируются результаты обзора литературных данных для подбора оптимального состава холодно-твердеющей смеси с целью изготовления тонкостенных отливок. В статье приведены результаты экспериментальные лабораторных исследований свойств образцов из ХТС, полученных различными способами. Научная новизна технологии заключается в том, что технология литья в ХТС позволяет обеспечить высокое качество поверхности литья, отсутствие газовых дефектов и засоров в отливке. Подбор состава и технологических параметров изготовления формы, способствующей получению качественных бездефектных отливок, значительно снижает их себестоимость, что положительно скажется на экономике нашей страны. Статья подводит некоторые итоги изучения, что наиболее целесообразно для тонкостенных отливок из стали использовать следующий состав смеси: наполнитель – кварцевый песок; связующее – глина казахстанского месторождения, карбамидная смола, отвердитель.*

**Ключевые слова:** холодно-твердеющая смесь, литье, глина, смола, структура.

## RESEARCH OF THE COMPOSITION OF COLD MIXTURES FOR THE PURPOSE OF PRODUCING THIN WALLED CASTINGS

**A.A. Alina, V.Yu. Kulikov**

Scientific Supervisor - **V.Yu. Kulikov**, Candidate of Technical  
Sciences, Professor,

NJSC "Karaganda Technical University",  
Republic of Kazakhstan

*The article analyzes the results of a review of literature data for the selection of the optimal composition of the cold-hardening mixture for the manufacture of thin-walled castings. The article presents the results of an experimental laboratory study of the properties of samples from CTS obtained by various methods. The scientific novelty of the technology lies in the fact that the technology of casting in cold-rolled steel allows to ensure high quality of the casting surface, the absence of gas defects and blockages in the casting. The selection of the composition and technological parameters for the manufacture of the mold, which contributes to obtaining high-quality defect-free castings, will significantly reduce their cost, which will have a positive effect on the economy of our country. The article summarizes some of the results of the study, which is most appropriate for thin-walled steel castings to use the following mixture composition: filler - quartz sand; binder - clay of the Kazakhstani deposit, carbamide resin, hardener.*

**Keywords:** cold-hardening mixture, casting, clay, resin, structure.

### *Введение*

В последнее время развитие в промышленности получили пластичные и жидкие формовочные смеси, способные к самопроизвольному химическому твердению. Самотвердеющие пластичные смеси (ПСС) обеспечивают упрочнение формы в атмосфере цеха в течение 5-15 мин после ее изготовления; это объясняется тем, что в их состав входят в качестве связующего вещества жидкое стекло (около 5 %) и отвердитель - шлак феррохромового производства (2-3 %) [1]. Применение пластичных самотвердеющих смесей дает возможность отказаться от сушки и использования углекислого газа для упрочнения форм. Но все это не исключает трудоемкие процессы уплотнения смесей при получении форм. Этот недостаток устраняется при применении жидких самотвердеющих смесей (ЖСС), которые были разработаны впервые в нашей стране учеными ЦНИИТмаш совместно с работниками московского завода «Станколит». Текучесть таких смесей обуславливается тем, что в их состав входят пенообразующие добавки, а самотвердение осуществляют взаимодействием жидкого стекла и отвердителя – шлака феррохромового производства. Технологический процесс с использованием ЖСС не требует рабочих высокой квалификации, в 3-5 раз снижает трудоемкость формовки, позволяет увеличить выпуск отливок на существующих площадях, улучшает качество отливок и санитарно-гигиенические условия труда литейщиков [2].

Технология изготовления отливок литьем в формы из холодно-твердеющих смесей (ХТС) аналогична технологии литья в песчано-глинистые формы. Холодно-твердеющие смеси позволяют изготавливать формы без использования нагрева. В качестве связующего в них используются смолы. Отверждение смеси достигается использованием катализаторов, например продукцией третичными аминами (углекислотой). В результате этого смесь самозатвердевает на воздухе за 10-15 мин.

### *Материалы и методы*



Анализируя процессы формирования прочности, следует обратить внимание на явление, хорошо известное из опыта, - снижение прочности на поздних стадиях отверждения вследствие повышения скорости процесса на начальной стадии. Причина этого заключается в особенностях структуры и свойств самой связующей композиции, отверждаемой с разной скоростью. Это особенно важно для разработки процессов изготовления стержней и форм с коротким циклом холодного отверждения.

Адгезию определяют по величине усилия, необходимого для вырывания кварцевого волокна из пленки связующего, заполимеризованного в ячейке подложки-стеклоткани.

Методику использовали традиционную [3], которая состоит в следующем: на специальное металлическое коромысло, наклеивают кусок стеклоткани. Испытуемую жидкую смолу наносят на ткань тонким слоем. При этом смола образует плёнки в капиллярных ячейках стеклоткани. Кварцевое волокно, предварительно обезжиренное ацетоном, промытое дистиллированной водой и высушенное, протягивают через одну из микроячеек и через отверстие в верхней части коромысла. В опытах применяли кварцевое волокно (98 % SiO<sub>2</sub>) диаметром 30-50 мкм. Площадь склейки составляла 0,02-0,03 мм<sup>2</sup>. Исследуемую смолу перед нанесением смешивали с 35-40 % раствором катализатора при соотношении смола-катализатор 1:0,5. Концентрация была занижена, чтобы замедлить отверждение смолы на начальном этапе и обеспечить равномерность пленки смолы в микроячейке подложки. Затем добавлялась глина месторождения Белое Глинище. Образцы отверждались в течение 24 часов. Из образцов вырезали небольшой кусок стеклоткани, непосредственно прилегающий к кварцевому волокну с отвержденными в микроячейках пленками испытуемой смолы. Свободный край кварцевого волокна клеивали в наждачную бумагу для зажима в нижнем держателе разрывной машины. Вырезанный кусочек стеклоткани с пленкой связующего укладывают в металлическую скобу, закрепленную в верхнем держателе.

Адгезионную прочность определяем из соотношения [4]:

$$\sigma_{адг} = \frac{F}{S},$$

где  $F$  – усилие отрыва, МПа;

$S$  – площадь склейки, см<sup>2</sup>.

Структуру смесей исследовали на световом микроскопе «Альтами». Из смеси готовили образцы и уплотняли пуансоном на ручном прессе. После выдержки в течение заданного времени затвердевший образец выталкивали из гильзы металлическим стержнем.

Для исследования прочности и макроструктуры полимеров с высокоактивными катализаторами (при высоких скоростях отверждения) перемешивали

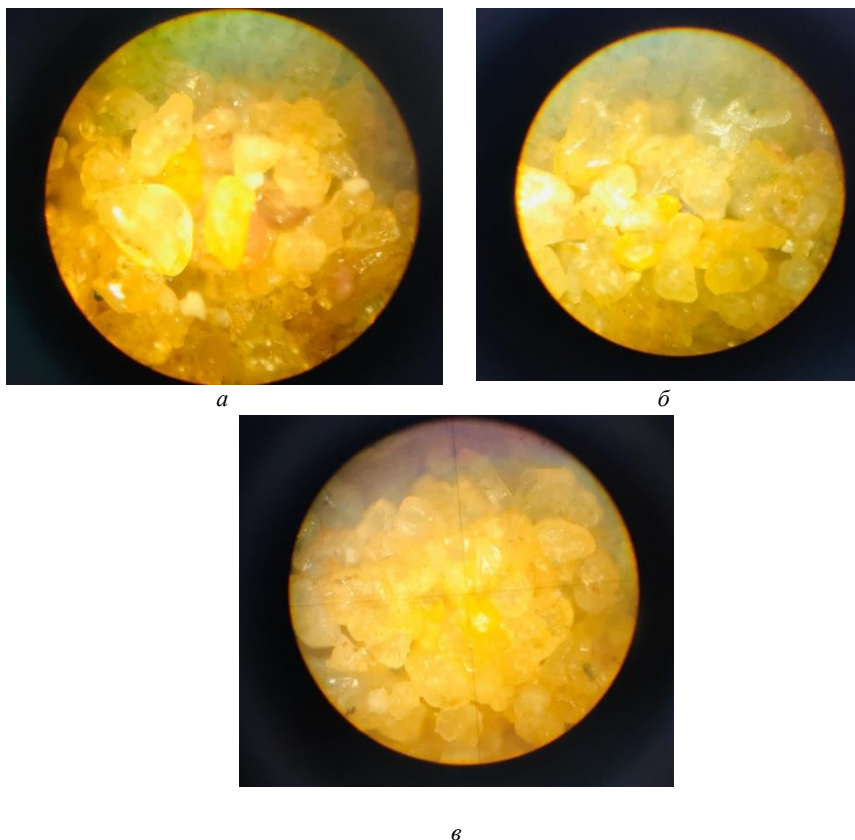
смолу и катализатор, охлажденные до 2-4 °С, при соотношении от 10:1 до 2,5:1. При этом катализаторы имели максимальную концентрацию. Время перемешивания составляло 4-5 с. Готовую композицию выливали в 4-местный блок и получали после отверждения цилиндрические образцы диаметром 15 мм и высотой 24 мм. Прочность полимеров определяли на универсальной испытательной машине «Instron» через заданные промежутки времени. Для исследования микроструктуры образцы надпиливали в среднем сечении, разламывали, шлифовали и фотографировали излом при увеличении в 100 раз.

**Таблица 1. Когезия и адгезия отвержденных смол с глиной месторождения Белое Глинище содержанием 3 %**

Связующее	Когезионная прочность $\sigma_{\text{ког}}$ , МПа	Адгезионная прочность $\sigma_{\text{адг}}$ , МПа
ОФ-1	38,7	7,1
ФФ-1Ф	39,6	8,4
БС-40	15,9	11,7
УКС	14,8	12,4
КФ-90	20,5	11,1

Из данных таблицы 1 видно, что смеси с глиной обладают хорошими адгезионными свойствами.

Исследования образцов на оптическом микроскопе показали (рисунок 1), что наличие глины (использовалась глина месторождения Белое Глинище) повышает соединение зерновой основы. Расстояние между частицами песка при использовании только смолы значительно больше (рисунок 1,*а*), чем в случае применения добавки глины (рисунок 2,*б,в*).



**Рис. 1. Структура образцов из ХТС с различным содержанием глины:  
а – 0% глины, б – 5 % глины; в – 10 %**

#### *Результаты и обсуждения*

Смолы с мочевиной обеспечивают большую прочность на средних и конечных стадиях отверждения за счет более высокой (в 1,5-2 раза) адгезии. Таким образом, для песчано-смоляных смесей общая закономерность заключается в преобладании когезионного упрочнения на начальных стадиях и адгезионного – на конечных. При повышении начальной скорости конечные прочности снижаются. Это явление связано с возникновением и с последующим развитием в структуре пленок и мостов связующего, дефектов-пузырей и трещин. Дефекты обусловлены, с одной стороны, удалением паров, образующихся при отверждении (вода, формальдегид, фуриловый спирт и пр.), с другой – возникновением термических и усадочных напряжений. Установлено, что су-

ществует прямая зависимость между структурой полимера в связующей пленке и прочностными свойствами смесей.

### *Вывод*

Таким образом, исследована прочность адгезионного взаимодействия связующих композиций с кварцем, когезионная прочность образующихся при затвердевании смолы.

Разработанный способ использования глины месторождения Белое Глинище увеличивает прочность ХТС, а также значительно снижает себестоимость таких литейных форм.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Куликов В.Ю.* Повышение равномерности плотности и увеличение прочности оболочковой формы / В.Ю. Куликов, А.З. Исагулов, Е.Н. Еремин, Т.В. Ковалёва // Литейное производство. 2018. № 3. С. 27-29.
2. *Квон С.С.* Использование глин некоторых месторождений Казахстана для изготовления оболочек при ЛВМ / С.С. Квон, В.Ю. Куликов, Е.П. Щербакова // Литейщик России. 2020. № 2. С. 18-23.
3. *Куликова В.Ю.* Математическое моделирование процесса формообразования песчано-смоляных смесей / В.Ю. Куликова, Е.Н. Еремин, Т.В. Ковалева, Е.П. Щербакова // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. 2019. Т. 12. № 7. С. 810-817.
4. *Issagulov A.A.* Developing technological process of obtaining giality casts / A. Issagulov, V. Kulikov, D. Issagulova, E. Shcherbakova, A. Kuszhanova // Metalurgija (Zagreb, Croatia). 2014. V. 53. N 4. P. 601-604.

## **ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В АВИАСТРОЕНИИ**

**А.А. Аминева, В.А. Алов**

Научный руководитель – **В.А. Алов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Проведен анализ применяемых в настоящее время полимерных композиционных материалов в авиастроении. Приведены наиболее популярные, применяемые в авиапромышленности материалы из ПКМ.*

***Ключевые слова:** полимерные композиционные материалы, авиастроение, масса изделия.*

## **POLYMER COMPOSITE MATERIALS IN THE AIRCRAFT INDUSTRY**

**A.A. Amineva, V.A. Alov**

Scientific Supervisor - **V.A. Alov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The analysis of currently used polymer composite materials in the aircraft industry is carried out. The most popular materials used in the aviation industry from PCM are presented.*

***Keywords:** polymer composite materials, aircraft construction, product weight.*

На сегодняшний день мы наблюдаем прогресс в промышленности за счет целесообразного подхода к выбору материала для изделий. Во многих сферах деятельности наблюдается стремление постепенной замены металлов полимерными материалами. Стоит отметить, что корректный выбор и подбор полимерных композиционных материалов для разнохарактерных случаев затруднен тем, что отличные между собой свойства общепринятых известных материалов и полимерных материалов явно выражены.

Авиастроение является одной из высокотехнологичных отраслей промышленности, где актуальные полимерные композиционные материалы (ПКМ) играют ответственно-важные роли. Главная задача этой сфере заключа-

ется в снижение массы изделия, которая представляет собой большую значимость в процессе производства.

В авиастроении при изготовлении деталей для самолетов и двигателей, работающих при высоких нагрузках, а также используемых в ракетостроении в качестве узлов силовых конструкций аппаратов, особенно популярно применение ПКМ. Ведущим классом материалов, которые выполняют ряд довольно жестких требований, а именно обеспечение минимальной массы конструкций, надежности, повышение модуля упругости при значительно меньшей плотности, жесткости, максимальной удельной прочности, долговечности при работе в довольно интенсивных условиях нагружения, при высоких температурах и в агрессивных средах являются полимерные композиционные материалы [1].

ПКМ – это гетерогенные системы, состоящие из двух или более компонентов, разделенных в материале четко выраженной границей, причем одни из компонентов являются армирующими составляющими, а другие – связующими их матрицами.

Для придания ПКМ более высоких свойства используют наполнители, которые повышают прочность и уменьшают стоимость, так же оказывают влияние на коэффициент трения, износостойкость, твердость и теплопроводность. Основными и часто применяемыми в авиастроении на основе терморактивных связующих являются углепластики, стеклопластики и органопластики.

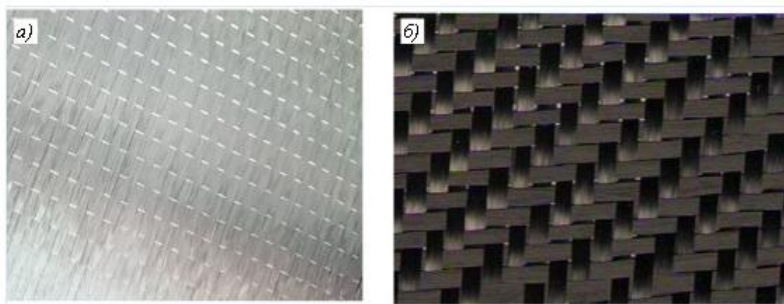
Рассмотрим каждый из приведенных выше применяемых в авиастроении полимеров. Самыми распространенными в авиапромышленности полимерными композиционными материалами, являются стеклопластики.

Стеклопластик играет важнейшую роль в авиационной и космической промышленности. Обладая такими особенностями, как прочность и малый вес, он применяется в производстве различных деталей не крупногабаритных легких самолётов, вертолётов, военных истребителей и крупных пассажирских лайнеров. Из данного материала производят обтекатели любой сложности, лопасти винтов. Каркасы вертолетов для простоты конструкции полностью или частично изготавливаются из стеклопластика [2].

Материалы, включающие в себя стеклонанополнители, имеют электроизоляционные свойства (защита от коррозии), а также радиотехническое и конструкционное назначение.

Следующий не менее важный материал – углепластик.

Использование углепластиков в авиапромышленности выгодно с позиции экономии массы конструкции, особенно для узлов и деталей, масса которых в свою очередь определяется требованиями жесткости. Наиболее распространены в мире углепластики, которые изготовлены на основе эпоксидных полимерных матриц.



**Рис. 1. Углеродные ткани:**  
а) углеродные ткани полотняного плетения;  
б) углеродные ткани саржевого плетения

Эпоксидные полимерные матрицы в составе углепластиков позволяют повысить технико-экономические показатели при изготовлении изделий. Характерной особенностью таких материалов является пониженная температура переработки (140 °С). В следствие, уменьшаются энергозатраты при формовании деталей, и снижается трудоемкость при изготовлении трехслойных сотовых конструкций.

Рассмотрим некоторые особенности органопластика. По определению органопластики являются полимерно-композиционными материалами, в которых роль армирующего наполнителя играют высокопрочные, высокомодульные наполнители. Чаще остальных таким наполнителем является армирующее волокно. Органопластики с арамидным волокном обладают способностью долгое время работать как при повышенных температурах, так и при пониженных, при этом, не изменяя своей прочности и эластичности. Следующим, не менее важным свойством органопластиков является их низкая плотность, относительно стекло- и углепластиков, а, соответственно, и малая масса. Помимо этого, органопластики отличаются сравнительно высоким сопротивлением удару и динамическим нагрузкам, высокой прочностью при растяжении. Недостатком такого рода материала является низкая прочность при изгибе и сжатии. В независимости от этого и в силу ряда перечисленных преимуществ органопластики получили широкое применение в авиастроении.

Ниже приведена таблица 1 с физико-механическими значениями свойств ПКМ и металлических сплавов. Если проанализировать данную таблицу, то можно заметить, что показатели у ПКМ превышают показатели металлических материалов.

**Таблица 1. Физико-механические свойства ПКМ и металлических сплавов**

Материал	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Прочность при растяжении, МПа	Удельная прочность, $e \cdot 10^3$ , км	Удельный модуль, $E \cdot 10^6$ , км
Углепластик	1450-1600	780-1800	53-112	9-20
Стеклопластик	2120	1920	91	3,2
Высокопрочная сталь	7800	1400	18	2,7
Алюминиевый сплав	2700	500	18	2,7
Титановый сплав	4400	1000	28	2,5
Полиамид 6,6	1140	82,6	7,24	0,24
Полиамид 6,6 + 40 мас % стекловолкна	1460	217	8,87	0,77
Полиамид 6,6 + 40 мас % углеволокна	1340	280	21,0	1,92

Самое большое потребление полимерных композиционных материалов на данный момент остается в авиастроении, в остальных отраслях не так широко распространено это сырье. В скором времени ПКМ заменит металлические изделия и в будущем, соотношение металла и полимерных композиций в самолете будет в сторону ПКМ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кочуров Д.В.* Высокопрочные полимерные композиционные материалы // Международный студенческий научный вестник. 2018. №5. URL: <http://eduherald.ru/article/view?id=19200> (дата обращения: 15.03.2021).
2. *Николаев, А.Ф.* Технология полимерных материалов: учеб. пособие / А.Ф. Николаев, В.К. Крыжановский, В.В. Бурлов и др.; под общ. ред. В.К. Крыжановского. СПб.: Профессия, 2008. 544 с.



**ВОДОРОД И СЖИЖЕННЫЙ ПРИРОДНЫЙ ГАЗ,  
КАК ТОПЛИВО - ТУПИКОВОЕ ПРОШЛОЕ  
ИЛИ ПЕРСПЕКТИВНОЕ БУДУЩЕЕ**

**В.Д. Бондарева, А.Д. Припадчев, А.Г. Магдин, А.А. Горбунов**

Научный руководитель – **А.Г. Магдин**, канд. техн. наук,  
ст. преподаватель

Оренбургский государственный университет

*Рассматривается возможность применения водорода и сжиженного природного газа, как топлива в авиации. Сравняются приоритеты и недостатки каждого из них.*

***Ключевые слова:** водород, сжиженный природный газ, криогенное топливо, криогенный комплекс.*

**HYDROGEN AND LIQUEFIED NATURAL GAS,  
AS A FUEL - DUMP PAST OR A PERSPECTIVE FUTURE**

**V.D. Bondareva, A.D. Pripadchev, A.G. Magdin, A.A. Gorbunov**

Scientific supervisor - **A.G. Magdin**, Candidate of Technical Sciences  
Senior Lecturer

Orenburg State University

*The possibility of using hydrogen and liquefied natural gas as fuel in aviation is being considered. The priorities and shortcomings of each of them are compared.*

***Keywords:** hydrogen, liquefied natural gas, cryogenic fuel, cryogenic complex.*

Научно технический прогресс движется все выше и выше с каждым днем. Не обошел он и сферу авиапромышленности. Самолеты, когда-то казались выдумкой, а сейчас ими никого не удивишь. Но хотя с момента создания первого летательного аппарата прошло немало времени, проблема экологичности данного транспорта остается обостренной.

Еще советские ученые задумывались и даже проводили испытания самолетов работающих на экологически полезных видах топлива. Первоначально были рассмотрены идеи применения двигателей на водородном топливе.

Работа над созданием криогенных топливных систем для авиации развернулась в ОКБ имени А.Н. Туполева.



**Рис. 1. Ту-155**

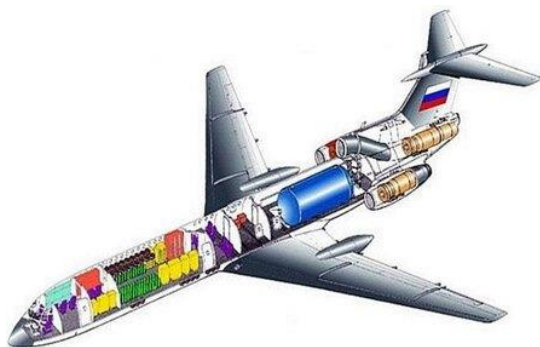
Ту-155 - первый в мире самолет на водородном топливе. Он был разработан с опорой на конструкцию его предшественника - пассажирского самолета Ту-154. Пассажирский салон Ту-154 понадобился для размещения части криогенной системы. Во-первых, на полу в салоне были размещены баллоны для азота (использовался с целью пожарной безопасности). Азотом продували отсек салона для исключения происхождения взрыва вследствие утечки водорода. Так же решался вопрос максимально допустимого снижения количества кислорода, потому что без него возгорание не возможно. По тем же причинам убрали электропроводку.



**Рис. 2. Салон Ту-155**

Бак с водородом располагался в хвостовой части самолета. Бак - криогенный, с возможностью поддерживать температуру -253 градуса по Цельсию. Такая низкая температура позволяет наполнять бак водородом в сжиженном состоянии. Это необходимо для того, чтобы топлива хватало на весь рейс без

дозаправок.

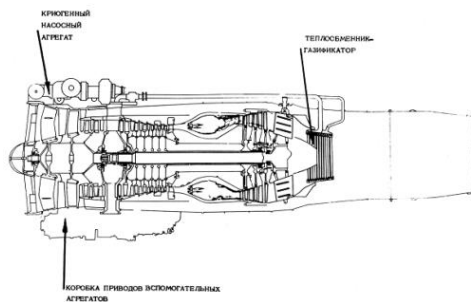


**Рис. 3. Схема устройства самолета Ту-155**

Таким образом, вышло, что посадочных мест для пассажиров на тот момент в салоне не оставалось, но цель у самолета на той стадии была «испытательной», то есть необходимо было облетать самолет и определить перспективы развития водородного авиатранспорта.

На борту самолета были установлены 3 двигателя. Два керосиновых и один НК-88.

НК-88 – газотурбинный двигатель, но у него есть некоторые особенности, например, обычный насос заменен высоконапорным турбонасосом, как у двигателей ракет. Жидкий водород поступает в теплообменник, и после нагревания переходит в газообразное состояние, и уже потом в камеру сгорания. На выходе получаем водяной пар и втрое больше тепла, чем при горении авиационного керосина.



**Рис. 4. Схема двигателя НК-88**

Далее были проведены первые полеты, которые определили следующие проблему: уже в форсунках начал закипать водород. Эту проблему решили путем создания теплообменника-газификатора.

В целом, эксперимент над созданием самолета на водородном топливе можно считать успешным. Но были проблемы с получением водорода, ведь в

чистом виде в природе его почти нет. Первый способ добычи - из газа, но на выходе мы получаем только 70 %. Это означает, что 30 % энергии, содержащейся в природном газе, теряется. Зачем тогда получать водород, если мы можем сразу использовать природный газ? Второй способ - электролиз воды, но этот путь значительно дороже. Третий путь, который мне хотелось бы предложить - реакция сплава галлия и алюминия с водой. На выходе этой реакции получается большое количество водорода при минимальных затратах материалов.

Но надо сказать, на тот исторический период в то время, как шла разработка двигателя на сжиженном водороде, геологи нашли новые месторождения нефти и газа. Причем объемы газа превосходили уголь и нефть в разы. Это и обусловило переход к более доступному виду топлива – сжиженному природному газу (СПГ). К тому же выделение теплоты при сгорании природного газа на 15 % превышает такой же параметр авиационного керосина, только при использовании газа значительно уменьшается негативное влияние на окружающую среду. Да и для хранения его в жидком виде требуется температура почти на 100 градусов Цельсия выше, чем для водорода. К тому же, в ходе предполетной подготовки нет необходимости в продувке топливных баков азотом, исключавшей формирования гремучего газа (взрывоопасные соединения водорода с элементами, находящимися в воздухе).

Так же стоит сказать, что СПГ гораздо проще получить, чем сжиженный водород. У СПГ более высокая температура хранения — около минус 170 градусов по Цельсию, это значительно отличается от водорода.

Еще один немаловажный критерий – цена и выгода. Авиационный керосин можно заменить СПГ. Стоимость авиационного керосина в среднем в России на 2021 год составляет 45000 рублей за тонну, а стоимость тонны СПГ — 34000 рублей. Финансовая выгода — 11000 рублей за тонну. В дальнейшем этот выигрыш будет только расти.

На сегодняшний день природный газ есть у каждого аэродрома, т.е. вопрос транспортировки уже в основном решен. Эти преимущества помогут создать летательные аппараты с повышенными летно-техническими характеристиками, чем у самолетов на авиационном керосине.

Выброс токсичных составляющих значительно снизится при применении сжиженного природного газа в качестве топлива: окиси углерода в 5-10 раз, углеводов почти в 3 раза, окислов азота примерно в 2 раза, полициклических ароматических углеводородов, включая бензопирен, в 10 раз.

Так же стоит обратить внимание, что наша страна располагает самыми большими запасами природного газа, и применение СПГ как топлива могло бы не только улучшить экологию, но и неплохо повлиять на экономику страны и, разумеется, на промышленность.

Еще одна сложность при воплощении идеи более экологичного топлива – отсутствие соответствующей наземной инфраструктуры для обслуживания криогенных самолетов.

Особенностями наземного сервиса воздушного судна на низкотемпературном топливе является наличие специальных средств для создания и обслуживания СПГ.

СПГ необходимо хранить, перевозить и заправлять в самолеты при криогенных температурах, к тому же стоит обеспечить достаточную изоляцию, чтобы исключить выброс вредных элементов в атмосферу.

Структура наземного обслуживания криогенного комплекса должна включать: изотермические хранилища, оборудование для создания СПГ, систему утилизации вредных выбросов СПГ, средства транспортировки СПГ и заправки в летательный аппарат, средства обеспечения противопожарной безопасности, оборудование для учета качества СПГ.

Можно заметить, что развитие исследований и последующее применение знаний в сфере водородного и СПГ топлива имеет не только научную, но и огромную государственную ценность.

Использование сжиженного водорода/природного газа в авиации повысит экономию авиационных перевозок, повысит качество экологических характеристик воздушного транспорта и, что немало важно, спасет от медленно, но верно надвигающегося недостатка нефтяного топлива.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреев В.А.* Внимание: газы. Криогенное топливо для авиации / В.Т.Климов, Андреев В.А. 2001. 632с.
2. *Яновский Л.С.* Основы авиационной химмотологии / Яновский Л.С. И.В. Шевченко. 2005. 365с.
3. *Дубовкин Н.Ф.* Топлива для воздушно-реактивных двигателей. 2001. 265-300 с.
4. *Курзинер Р.И.* Реактивные двигатели для больших сверхзвуковых скоростей полёта. Москва, 1989. 407с.

## **КРИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА И АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНИЧЕСКИХ СХЕМ ПРОПИТКИ ПОРИСТОГО ЛИТЬЯ**

**Д.А. Горохов, И.О. Леушин**

Научный руководитель – **И.О. Леушин**, д-р техн. наук, профессор

Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексева.

*Рассматриваются технические схемы пропитки микропористости. Описана суть методов пропитки литых заготовок и оценивается надежность технических схем.*

**Ключевые слова:** микропористость, пропитка литья, литейное производство, надежность технических схем.

## **CRITICAL ASSESSMENT AND ANALYSIS OF THE RELIABILITY OF THE EXISTING TECHNICAL SCHEMES OF IMPREGNATION OF POROUS CASTING**

**D.A. Gorokhov, I.O. Leushin**

Scientific supervisor - **I.O. Leushin**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

R.E. Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University

*Technical schemes of microporosity impregnation are considered. The essence of the methods of impregnation of cast blanks is described and the reliability of the technical schemes is evaluated.*

**Keywords:** microporosity, impregnation of casting, foundry production, reliability of technical schemes.

Пропитка пористого литья это многоэтапный процесс, при помощи которого можно исправить большинство литейных дефектов образующихся в результате усадки и выделения газов при остывании.

Пропитка литья производится с целью герметизации микропор, усадочных раковин и микротрещин в металлических отливках (сталь, чугун, цветные сплавы, титан), синтетических материалах, керамике, композитных материалах и деталях с гальваническим покрытием.

Процесс пропитки деталей не вызывает их повреждения с изменением геометрических и прочностных характеристик, а также коррозии или окисления. После пропитки детали могут передаваться на сборку без дополнительной обработки.

Следует отметить, что составы для пропитки на основе полимерных материалов не требуют обработки деталей в специальной химической среде для лучшей адгезии с материалом отливки, благодаря химическому составу пропитывающего материала, что в свою очередь значительно упрощает технологический процесс пропитки и уменьшает стоимость конечного продукта. [1]

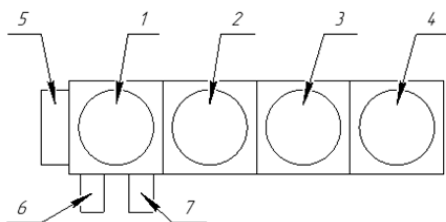
Выделяется несколько методов пропитки отливок:

- Пропитка деталей по методу сухой вакуум/давление;
- Пропитка деталей по методу влажный вакуум;
- Пропитка деталей по методу вакуум/давление;
- Пропитка деталей по методу вакуум. [2]

Структурные схемы технологического оборудования для этих схем приведены соответственно на рисунках 1-4.

#### *1. Пропитка деталей по методу сухой вакуум/давление.*

Пропитка деталей с использованием метода сухого вакуума/давления является самой медленной и наиболее сложной технологической схемой.



**Рис. 1. Схема участка пропитки по методу сухой вакуум/давление:**

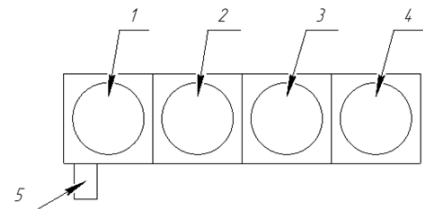
- 1- автоклав; 2- центрифуга для удаления герметика унесенного деталями;
- 3- емкость для холодной промывки; 4- камера полимеризации;
- 5- емкость для пропитывающего состава; 6- вакуумный насос; 7- компрессор

Для пропитки деталей требуется линия, включающая следующие аппараты и оборудование: автоклав; центрифугу, соединенную с автоклавом; емкость для пропитывающего состава; проточную емкость для промывки, оборудованную барботером (для перемешивания воды воздухом во время промывки) и вибратором для встряхивания корзины с деталями; емкость для полимеризации, оборудованную системой нагрева и поддержания температуры на уровне 90-95 °С; вакуумный насос; компрессор; систему вытяжной вентиляции.

#### *2. Пропитка деталей по методу влажный вакуум*

Для пропитки деталей требуется то же оборудование, что и для метода «сухой вакуум/давление».

Пропитка по этому методу является самой простой и быстрой среди методов вакуумной пропитки. Она подобна методу "сухой вакуум/давление" за исключением того, что в бак не подается давление. Вместо этого после стадии вакуумирования бак просто подвергается постоянному обдуву атмосферным воздухом. Проникновение герметика внутрь деталей происходит под действием атмосферного давления. Пропиточная смола заполняет поры металла под действием разрежения, созданного вакуумом.

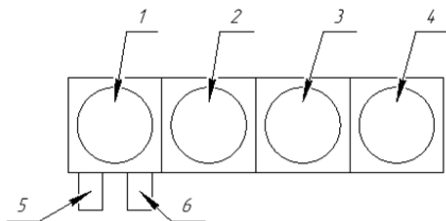


**Рис. 2. Схема участка пропитки по методу влажный вакуум:**

- 1- автоклав; 2- центрифуга для удаления герметика унесенного деталями; 3- емкость для холодной промывки; 4- камера полимеризации;  
5- вакуумный насос

### 3. Пропитка деталей по методу вакуум/давление

Метод пропитки «вакуум/давление» отличается от метода «сухой вакуум/давление» только отсутствием специальной емкости для хранения смолы, которая в данном случае постоянно находится в автоклаве.



**Рис. 3. Схема участка пропитки по методу вакуум/давление:**

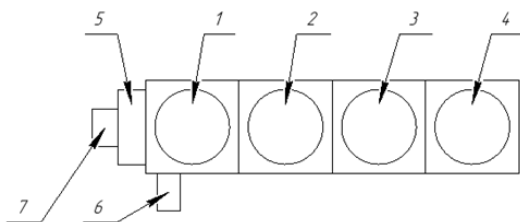
- 1- автоклав; 2- центрифуга для удаления герметика унесенного деталями; 3- емкость для холодной промывки; 4- камера полимеризации; 5- вакуумный насос; 6- компрессор

### 4. Пропитка деталей по методу сухой вакуум

Для пропитки деталей требуется то же оборудование, что и для метода «сухой вакуум/давление».

Метод похож на предыдущие за исключением того, что после слива смолы из автоклава через механический фильтр в емкость для хранения смолу в емкости для хранения подвергают барботированию сухим воздухом в течение 15–30 минут.





**Рис. 4. Схема участка пропитки по методу сухой вакуум:**

- 1- автоклав; 2-центрифуга для удаления герметика унесенного деталями;  
 3- емкость для холодной промывки; 4-камера полимеризации;  
 5-емкость для пропитывающего состава; 6- вакуумный насос; 7- барботер

*Оценка надежности технических схем*

Расчет надежности при последовательном (основном) соединении элементов, когда отказ технического объекта наступает при отказе одного из его узлов, то такой объект имеет последовательное (основное) соединение элементов. Если надежность отдельных элементов не зависит друг от друга, то есть выход из строя одного элемента не меняет надежности других, то надежность системы определяется как произведение значений надежности для отдельных элементов. [3]

Формула определения надежности:

$$P_C = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_N,$$

где  $P_C$  – коэффициент надежности системы,  $P_N$  – коэффициент надежности  $N$  элемента.

Принимаем, что надежность каждого элемента, входящего в состав технической схемы равен 0,85.

В таблице 1 представлен расчет надежности технических схем пропитки пористого литья

**Таблица 1. Расчет надежности технических схем пропитки пористого литья**

Название метода пропитки	Количество единиц оборудования для осуществления методики пропитки	Надежность схемы
Сухой вакуум/давление	7	$P_C = 0,85^7 = 0,32$
Влажный вакуум	5	$P_C = 0,85^5 = 0,44$
Вакуум/давление	6	$P_C = 0,85^6 = 0,38$
Сухой вакуум	7	$P_C = 0,85^7 = 0,32$

Вывод: Из расчета надежности технических схем пропитки пористого литья видно, что наиболее надежным методом является «Влажный вакуум» с показателем надежности  $P_c = 0,44$ , так же данный метод является самым простым и быстрым среди методов вакуумной пропитки микропористости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Евсеев В.И.* Исправление дефектов литья и герметизация пористости деталей / В.И. Евсеев, С.В. Ткаченко. «Технологии», 2012. №12.
2. *Гончаров А.Б.* Методология технического обслуживания и ремонта технологического оборудования композиционными материалами: дис. доктора техн. наук. – М., 2012. 459 с.
3. *Чепегин И.В.* Надежность технических систем и техногенный риск: учебное пособие / И.В. Чепегин. - Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. Казань: Изд-во КНИТУ, 2017. 164 с.

**УПРАВЛЕНИЕ ФОРМИРОВАНИЕМ ПЕНЫ  
МЕТАЛЛИЧЕСКОГО РАСПЛАВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ  
ОТЛИВОК ИЗ ПЕНОАЛЮМИНИЯ**

**П.А. Горохов, И.О. Леушин**

Научный руководитель – **И.О. Леушин**, д-р техн. наук, профессор

Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева.

*В данной статье рассматриваются типы пен, виды пено- и порообразователей. Описана технология регулирования ячеистой структуры при производстве отливок различными способами.*

**Ключевые слова:** пена, пеноалюминий, пенообразователь, ячейка.

**CONTROL OF THE FORMATION OF METAL MELT FOAM  
IN THE PRODUCTION OF ALUMINUM FOAM CASTINGS**

**P.A. Gorokhov, I.O. Leushin**

Scientific supervisor - **I. O. Leushin**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

R.E. Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University

*This article discusses the types of foams, types of foam and foam-forming agents. The technology of regulating the cellular structure in the production of castings by various methods is described.*

**Keywords:** foam, foam aluminum, foaming agent, cell.

Большинство пенометаллов производится путем диспергирования газа по всему объему жидкой фазы металла с последующей стабилизацией получающейся пены. В большинстве случаев пена расширяется при увеличении размеров газовых пузырьков, а затем пена стабилизируется. Среди типов пен, производящихся дисперсионным методом, выделяют несколько главных:

- Термопластичные полимеры в виде твердой фазы, содержащие газообразователь, которые плавятся, а затем охлаждаются до твердого состояния и стабилизируют пену.

- Сетчатые вспененные системы, в которых реагенты вспениваются только тогда, когда они частично вступили в реакцию и находятся все еще в жидком состоянии, с последующей шшивкой для отверждения и стабилизации пены.

- Латекс, который вспенивается и затем стабилизируется в результате инверсии фаз, достигаемой понижением рН, замораживанием или обоими методами, часто с дополнительной вулканизацией при вспенивании.

Для вспенивания используют различные газы: воздух можно впрыснуть в расплав; газ, например углекислый, может быть растворен в расплаве, часто под давлением, а потом он выделяется из расплава при уменьшении давления; газ может быть получен в результате химической реакции, такой как разложение химического пенообразователя[1].

Пена – это тонкодисперсное проникновение воздуха в твердотельные вещества или жидкости. Ее образование происходит при помощи веществ-пенообразователей, способствующих образованию устойчивой пены, а также веществ-порообразователей, используемых в производстве пористых материалов для создания в них системы соединенных пор-каналов или изолированных пор-ячеек.

Примеры пено- и порообразователей представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Примеры пено- и порообразователей [2]**

№ п/п	Вещество	Основные характеристики	Механизм формирования пор в пеноалюминии
1	Гидрид титана (TiH <sub>2</sub> )	Негигроскопичен и устойчив по отношению к разбавленным кислотам. Разложение гидрида титана начинается при температуре 300 °С, но дегидрирование даже при температуре 1100 °С не приводит к полному удалению водорода из титана. Используется как порообразователь для изготовления пенометаллов; как источник чистого водорода; как катализатор в реакциях гидрирования органических соединений.	При перегреве химических компонентов выше температуры ликвидус алюминиевого сплава происходит разложение на водород и углекислый газ в разных случаях, после чего алюминиевый расплав насыщается газами.
2	Бикарбонат натрия (NaHCO <sub>3</sub> )	Кислая натриевая соль угольной кислоты. Проявляет все свойства соли сильного основания и слабой кислоты. В водных растворах имеет слабощелочную реакцию. В широком диапазоне концентраций в водном растворе рН раствора изменяется незначительно, на этом основано применение раствора вещества в качестве буферного раствора.	
3	Карбонат кальция (CaCO <sub>3</sub> )	Карбонат кальция в обычных условиях представляет собой вещество белого цвета, которое при прокаливании разлагается, однако плавится без разложения (условие – избыточное давление CO <sub>2</sub> ).	

4	Хлорид кальция (CaCl <sub>2</sub> )	Твердое вещество белого цвета. Кристаллы, имеющие кубическую форму, обладают высокой гигроскопичностью и быстро поглощают влагу из окружающего воздуха. Хорошо растворим в низших спиртах и органических растворителях.	Происходит заливка алюминиевого расплава в форму с заполнением полостей между гранулами водорастворимых солей расплавом, после затвердевания алюминиевого расплава изделие извлекают из формы и помещают в воду для растворения соли и образования пор.
5	Хлорид бария (BaCl <sub>2</sub> )	При нагревании BaCl <sub>2</sub> разлагается с выделением химически активного хлороводорода.	
6	Бромид кальция (CaBr <sub>2</sub> )	Бромид кальция используется как дегидратирующий агент, катализатор.	
7	Йодид кальция (CaI <sub>2</sub> )	Бесцветное гигроскопична твердое вещество представляет собой соль, которая является весьма растворима в воде, реагирует с кислородом и диоксидом углерода в воздухе.	

Для регулирования пористой структуры при получении отливок из пеноалюминия с использованием углекислого газа применяется создание избыточного газового давления, при температуре начала затвердевания расплава снижается давление газа в полости литейной формы до атмосферного и обеспечивается интенсификация формирования пор в алюминиевой матрице, размер пор в ячеистой структуре пеноалюминия регулируется показателем избыточного давления.

При получении отливок из пеноалюминия с использованием химических пено- и порообразователей управление формированием ячеистой структуры обеспечивается следующими составляющими: температура расплава, отношение пено- или порообразователя к объему заливаемого металла.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Клемпнер Д. Полимерные пены и технологии вспенивания / Пер. с англ.; под. ред. к.т.н. А.М. Чеботаря.– СПб.: Профессия, 2009. 600 с.
2. Леушин И.О. Возможности получения отливок из пеноалюминия с применением гранул «сухого льда» / И.О. Леушин, А.Н. Грачев, В.Н. Назаров, П.А. Горохов // Известия Волгоградского государственного технического университета. 2020. №7(242). С. 41-45.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

**К.Е. Дуркина, Н.И. Вершинина**

Научный руководитель – **Н.И. Вершинина**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрены, а также проведен сравнительный анализ, для методов повышения износостойкости, таких как: импульсный метод получения анодно-оксидных покрытий; детонационный метод нанесения слоя из карбида вольфрама WC–Co; метод ионно-плазменного напыления покрытий из нитрида титана TiN.*

**Ключевые слова:** износостойкость, титановые сплавы, поверхность, покрытие.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR IMPROVING THE WEAR RESISTANCE OF TITANIUM ALLOYS

**K.E. Durkina, N.I. Vershinina**

Scientific Supervisor – **N.I. Vershinina**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Methods for improving wear resistance, such as: pulse method for obtaining anode-oxide coatings; detonation method for applying a layer of tungsten carbide WC–Co; method of ion-plasma sputtering of titanium nitride coatings TiN, are considered, as well as a comparative analysis.*

**Keywords:** wear-resistance, titanium alloys, surface, coating.

Низкий удельный вес, коррозионная стойкость и высокая удельная прочность титана и его сплавов обусловили их широкое применение в авиастроении. Однако использование титановых сплавов в узлах трения сдерживается их низким сопротивлением изнашиванию.

На поверхности титана и его сплавов образуется относительно тонкая оксидная пленка, которая за счет высоких удельных нагрузок с легкостью разрушается при трении, так как титан обладает более высокой пластичностью,

чем оксидная пленка [1]. Процесс трения соприкасающихся поверхностей друг о друга сопровождается выделением теплоты. Нагретые поверхности более подвержены влиянию газов окружающей среды и насыщаются ими, за счет этого повышая свою прочность. Вследствие этого, все дефекты трущихся поверхностей будут носить глубинный характер, поскольку образующиеся связи основного металла разрушаются на глубине [2].

Одним из наиболее популярных методов повышения износостойкости образцов из титановых сплавов является нанесение покрытий. Нанесенное покрытие должно иметь высокий уровень адгезии к основному материалу, играть роль так называемой защитной пленки от взаимодействий с газами внешней среды, а также препятствовать коррозии основного материала. В статье рассмотрены следующие методы нанесения напыления на поверхность титановых сплавов: импульсный метод получения анодно-оксидных покрытий; детонационный метод нанесения слоя из карбида вольфрама; метод ионно-плазменного напыления покрытий из нитрида титана.

Импульсный метод получения анодно-оксидных покрытий нашел широкое применение, в частности, за счет значительного повышения твердости и сокращения расхода смазки, при этом сохраняя все свойства основного материала без потери прочности или предела усталости. Данный метод на практике применяют в совокупности с минеральными маслами и другими высокодисперсные смазочными составами. Изменение механических свойств и чистоты поверхности титановых сплавов после нанесения анодно-оксидного покрытия не наблюдается. Покрытие толщиной более 3 мкм используется для деталей, которые работают в условиях повышенного трения. К преимуществам этого покрытия можно отнести: низкий коэффициент трения, повышенную химическую стойкость, повышенную адсорбционную способность, высокую термостойкость, высокое значение пробивного напряжения.

Детонационное напыление является разновидностью газо-термического напыления. Ударная волна нагревает частицы до температуры ~ (1700–2000) °С и увеличивает их скорость до ~ (600–800) м/с. Когда разогретые частицы напыляемого вещества попадают на поверхность, они подвергаются пластической деформации, из-за чего температура напыляемого порошка может достигать 4000 °С. По окончании процесса деформации она остывает до температуры изделия с помощью теплопередачи в основной объем материала. Периодичность процесса составляет 3 выстрела в 1 секунду. За один цикл толщина покрытия не должна превышать 5–6 мкм. Данный метод напыления в основном применяется для приобретения покрытий высокой твердости на базе высокотемпературных покрытий: различных оксидов и их смесей, а также карбидов, имеющих металлические связующие в небольших количествах.

Вакуумная плазменная технология высоких энергий (ВПТВЭ) осуществляет метод ионно-плазменного напыления. Данный метод нанесения поверхностного слоя обеспечивает детали упрочняющим слоем и позволяет таковым эксплуатироваться в условиях контактных взаимодействий при высо-

кой температуре [3]. Технологический процесс состоит в формировании покрытия из металлического материала в вакуумных камерах, посредством вращения его в плазму, что достигается путем генерации дуги вакуумно-дугового разряда. После чего формируется слой основного материала в атмосфере реакционного газа. Роль реакционного газа может играть азот или ацетилен. Он наполняет вакуумную камеру. Если в качестве реакционного газа выбран азот, то результатом напыления будет нитридное покрытие, если выбран ацетилен – карбидное. Высокая адгезия нанесенного покрытия к основному материалу обусловлена высокой энергией частиц наносимых ВПТВЭ. При этом у данного метода существуют следующие преимущества: простая технология получения нитридов и карбидов стехиометрического состава; толщина покрытий может варьироваться от 0,01 до 20 мкм; равномерное нанесение на детали сложной геометрической формы.

Эффективность методов поверхности образцов из титанового сплава анализируют по результатам испытаний на износостойкость.

Анодно-оксидные покрытия обладают низкой износостойкостью, что возможно, связано с его пористостью, которая с увеличением толщины покрытия возрастает. Для повышения износостойкости используют смазку, что обеспечивает повышение антифрикционных свойств титановых деталей, а и несколько снижает толщину покрытия.

Чтобы определить какое из рассмотренных напылений наиболее эффективно повысило износостойкость, использовался метод «шар по диску». Это испытание проводилось с помощью шара из карбида вольфрама, который терся по вращающему образцу, с нанесенным на него износостойким покрытием. Глубину дорожки трения определяли с помощью специального прибора – профилометра. Результаты испытаний представлены в таблице 1.

Наиболее высокие результаты получены на образцах с покрытиями TiN, полученного методом насыщения газообразных азотосодержащих средах при высоких температурах, и WC-Co, полученного методом детонационного напыления.

Покрытие TiN характеризуется высокой твердостью (~2500 HV<sub>50</sub>), низким значением параметра шероховатости (Ra < 1 мкм), высокими инертностью соединения и значением адгезионной прочности к подложке (> 100 МПа). Недостатком покрытия из нитрида титана является технологическое ограничение по размеру обрабатываемой детали.



**Таблица 1. Линейный износ дисковых образцов из сплава [4]**

Вид обработки сплава	Коэффициент трения	Средний линейный износ, мкм, на дорожке			Среднее значение износа
		9	10	11	
Покрытие Ан.Окс.	0,68	9	10	11	10
Покрытие TiN	0,36	1	1	1	1
Покрытие WC–Co	0,6	1	0,5	1,5	1

Твердость покрытия WC–Co, составляет 1400 HV<sub>50</sub>. Повышение износостойкости покрытия WC–Co достигается путем формирования оптимальной структуры покрытия, которая соответствует правилу Шарпи, – мягкая матрица из Co и твердые включения из карбида вольфрама. Однако недостатком металлокерамического покрытия WC–Co является необходимость механической обработки изделия после нанесения покрытия, так как после нанесения величина параметра шероховатости составляет Ra=2,5–6,3 мкм, что приводит к повышенному износу, по сравнению с гладкой (Ra <1 мкм) поверхностью.

Таким образом, при выборе метода повышения износостойкости деталей из титановых сплавов необходимо учитывать прочность сцепления покрытия с поверхностью, технологичность метода, его влияние на изменение размеров деталей.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ильин А.А.* Титановые сплавы. Состав, структура, свойства: справочник / А.А. Ильин, Б.А. Колачев, И.С. Полькин. М.: ВИЛС–МАТИ, 2009. 520 с.
2. *Цвиккер У.* Титан и его сплавы / пер. с нем. М.: «Металлургия», 1979. 512 с.
3. *Мубояджян С.А.* Особенности осаждения потока многокомпонентной плазмы вакуумно-дугового разряда, содержащего микрокапли испаряемого материала // *Металлы*. 2008. № 2. С. 20–34/
4. *Путырский С.В.* Различные методы повышения титановых сплавов и сравнительный анализ их эффективности применительно к титановому сплаву VT23M / С.В. Путырский, А.А. Арисланов, Н.И. Артеменко, А.Л. Яковлев // *Авиационные материалы и технологии*. 2018. №1(50). 19-24 с.

## РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО МОДИФИЦИРОВАНИЮ СТРУКТУРЫ ЧУГУНА

**А.В. Калинин, А.Г. Панов**

Научный руководитель - **А.Г. Панов**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В работе рассматривается модифицирование структуры чугуна для отливок. Исследование связано с повышением качества чугуна для отливок.*

**Ключевые слова:** технология, качество, состав, модификаторы.

## DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS FOR MODIFICATION OF THE STRUCTURE OF CAST IRON

**A.V. Kalinkin, A.G. Panov**

Scientific Supervisor - **A.G. Panov**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The paper deals with the modification of the structure of cast iron. Research related to improving the quality of cast iron*

**Keywords:** technology, quality, composition, modifiers.

Существуют различные условия, которые связаны с качеством и производительностью литья и их условиями, существуют требования, которые необходимы, чтобы создать необходимые условия для улучшения качества чугуна за счет повышения технологий.

Одним из методов воздействия на производства качественного чугуна и отливок из него, является модифицирование.

Чтобы определить эффективность модифицирования чугуна, используют следующие факторы:

1. Состав, количество, а так же введенный модификаторы в определенной последовательности;
2. Качеством и способом переплава шихтового материала;
3. Химическим составом расплава;

4. Способом подачи металла в форму;
  5. Скоростью и условием затвердевания чугуна в различных зонах
- Модификаторы разделяют по следующим фазам:

- Графитизирующие
- Стабилизирующие

Графитизирующие модификаторы принимают участие в стимулирующем процессе графитизации, путем образования центров кристаллизации графита. С увеличением числа центров, происходит снижение переохлаждения расплава перед затвердеванием эвтектике, благодаря чему происходит предотвращение отбела верхнего слоя отливки и ее структуры.

Стабилизирующие модификаторы, почти что, не влияют на процесс графитизации при затвердевании чугуна. Они нужны, для сохранения цементитной фазы после эвтектического превращения, благодаря этому, происходит увеличение прочностных характеристик.

На практике, в большинстве случаев литейного производства используют комплексные модификаторы, в составе которых находятся Al, Mg, Si, Li, Ca, Mn, Ce, Be и другие редкоземельные металлы (РЗМ).

В качестве лигатуры основной служат Cu, Ni, Ca или Si. При внедрении их в чугун происходит нейтрализация вредного влияния элементов, таких как Pb, Bi, As, Ti и другие, за счет связывания их в тугоплавкие соединения.

Наибольшее распространены лигатурами являются те, в состав которых входит Mg, который обладает высоким модифицирующим и рафинирующим действием.

Эффективность РЗМ магнийсодержащих лигатурах повышается, за счет того, что в их состав входит два или более металлов из этой группы.

Например, при вводе в чугун 0,01 % Y, Pr и Nd, позволяет получить шаровидную форму графита при остаточном содержании магния в чугуне не более 0,01 %, за счет достижения применяемой лигатуры на основе кремния и железа, который содержат около 2,5 % Mg, 2,2 % Ce, 2 % Y или 1,5 % Mg и по 1 % каждого из остальных элементов.

Благодаря развитию технологий модифицирования чугуна на предприятиях с массовым характером производства, особую важность приобретает проблема при получении потребителем модификатором с заданным гарантированным фракционным и химическим составом. Под процессом дробления кусковых материалов, отходы могут составлять 40-50 % всего количества измельчаемых модификаторов.

Достоинства лигатур с магнием, с содержанием РЗМ, по сравнению с магнием и лигатурами, с содержащим магний, следующие:

- так же РЗМ вызывает легирующие действия, благодаря чему происходит упрочнение металлической основы чугуна.
- значительно повышается жидкотекучесть модифицированного чугуна, за счет рафинирования металла в присутствии РЗМ и уменьшения количества

неметаллических включений.

- обеспечивается уменьшение в чугуне количество усадочных дефектов, благодаря РЗМ и магнийсодержащей лигатуры, из-за пониженного предудачного расширения по сравнению с чугуном.

- шаровидная форма графита достигается за счет уменьшением остаточного содержания магния в чугуне, благодаря чему происходит уменьшение магния в лигатуре, вследствие чего повышается усвоение и уменьшение пироэффектности при модифицировании.

Таким образом, для создания высокоэффективных технологий модифицирования чугуна для отливок весьма важным является вопрос выбора рационального способа введения модификатора в расплав.

Применяемые способы модифицирования делятся на две группы: порционные, которые обеспечивают дозирование модифицирования чугуна в емкости, а так же непрерывные, которые позволяют обрабатывать любые массы чугуна в ходе технологических переливов с контролируемым модификатором расхода.

Ведение легких модификаторов осуществляется с помощью специальных оборудований, погруженных в жидкий чугун. При этом технологические схемы остаются неизменны.

Существует метод, который обеспечивает постоянную непрерывный модификацию, к которой применяется смеситель камерного типа. Сама по себе камера реакции потока будет закрыта, где через разъем контейнера заливается исходный чугун.

Это принцип модифицирования больше всего реализован за рубежом и называется FLOTRET-процесс.

Процесс следующий: оригинальный чугун выливается в емкость 1, затем через каналы поилки 2 металл поступает в реакционную камеру 3, а через выход 5 модифицированный чугун сливается в ведро. Модификатор вводится в реакционную камеру через отверстие 4. установка показана на рисунке 1,а.

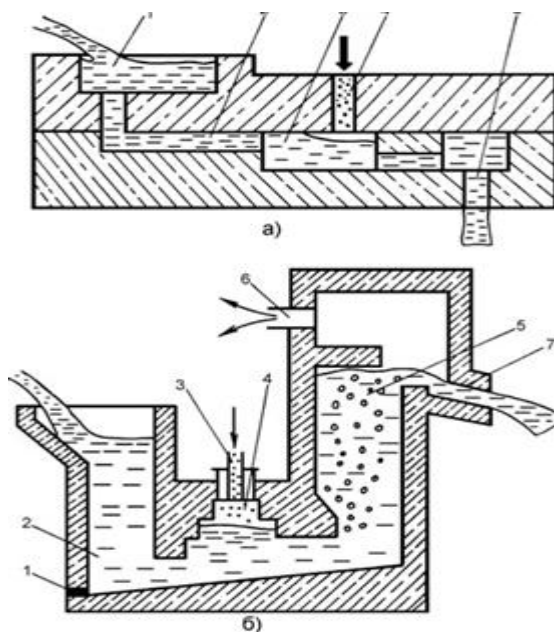
Существует также установка, обеспечивающая непрерывную модификацию чугуна с магнием, в которой применяется принцип газового подъема.

Установка представляет U-образный реактор, который установлен вслед за качающимся копильником. Чугун из копильника заливают в стояк 2.

В горизонтальном канале реактора имеется испарительная камера 4, куда гранулированный магний подается по трубе 3. Затем пары магния вместе с транспортирующим газом поступают в реакционный лифт 5, там они взаимодействуют с чугуном.

Обработанный чугун сливается через сливной носок 7, образующиеся газы и дым удаляются газовым выходом 6. Между наполнителями ковша блок остается заполненным чугуном. При этом через трубу 3 подается только воздух с небольшим потоком (20-30 м. куб/час), чтобы предотвратить заполнение чугуном испарительной камеры. По окончании работ чугунные остатки установки выливают в ковш через летку 1. Установка показана на рисунке 1,б.

При обессеривании чугуна средняя степень использования магния составляла 45-50 %. Снижение температуры чугуна при обработке колебалось в пределах 25-30С.



**Рис. 1. Схемы методов непрерывного модифицирования чугуна:**  
*а* - FLOTRET-процесс; *б* - газлифтный реактор

Таким образом, подводя итоги текущих тенденций в разработке методов модификации чугуна, представляется необходимым обратить особое внимание на то, что достижение результата максимально положительно, но только при комплексном развитии технологии по следующей схеме: предоставление цеховых материалов, грузов, с регулируемым химическим составом, разработка рекомендаций по выбору параметров рационального состава и способам их изменения, разработать оперативные методы контроля модифицирующего эффекта непосредственно при заливке чугуна в форму и отрегулировать технологию пресс-формы с учетом модифицирующего действия легирования и методов его введения в форму.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Геллер Ю.А. *Материаловедение* / Ю.А. Геллер, А.Г. Рахштадт. М.: *Металлургия*, 1983. 384 с
2. Гуляев А.П. *Материаловедение*. М.: Изд. *Металлургия*, 1986. 664 с.

3. ГОСТ 9013-59 (ИСО 6508-86) Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу (с Изменениями N 1, 2, 3, с Поправкой).
4. Материаловедение: Учебник для ВУЗов, обучающихся по направлению подготовки и специализации в области техники и технологии / Б.Н. Арзамасов, В.И. Макарова, Г.Г. Мухин и др. 5-е изд., стереотип. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 646с.
5. Дриц М.Е. Технология конструкционных материалов и материаловедение: Учеб. для студентов машиностроительных спец. ВУЗов / М.Е. Дриц, М.А. Москалев. М.: Высшая школа, 2005. 446с.
6. Бернштейн М.Л. Механические свойства металлов / М.Л. Бернштейн, В.А. Займовский. М.: Металлургия, 1971. 494 с.

**АНАЛИЗ МАРОК СТАЛИ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ  
ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ТЯГОВЫХ  
ПЕРЕДАЧ ТЯГОВОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА**

**Е.А. Кошутина, Д.Д. Маланова, И.Е. Балмасов,  
Е.П. Кондратьева**

Научный руководитель – **Е.П. Кондратьева**,  
ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрены материалы для изготовления высоконагруженных зубчатых колес тяговых передач тягового подвижного состава с применением закалки ТВЧ. Приведены химические и механические свойства выбранных материалов. Проанализированы дефекты, возникающие при эксплуатации зубчатых колес.*

**Ключевые слова:** зубчатые колеса, шестерни, закалка ТВЧ, дефекты зубчатых колес.

**ANALYSIS OF STEEL GRADES FOR MANUFACTURING HIGHLY  
LOADED TRACTOR DRIVE WHEELS**

**E.P. Kondratyeva, E.A. Koshutina, D.D. Malanova, I.E. Balmasov**

Scientific Supervisor - **E.P. Kondratyeva**, Senior Lecturer.

Yaroslavl State Technical University

*The materials for the manufacture of highly loaded gear wheels of traction drives of traction rolling stock with the use of HFC hardening are considered. The chemical and mechanical properties of the selected materials are given. Defects arising during the operation of gear wheels are analyzed.*

**Keywords:** cogwheels, pinions, hardening of high frequency current, gear defects.

Зубчатые колёса являются ответственными деталями машин и механизмов и служат для передачи вращательных движений между отдельными элементами механизмов. Зубчатая передача относится к передачам зацеплением с непосредственным контактом пары зубчатых колёс. В зацеплении передачи

колесо, которое меньше принято называть шестерней, а большее – зубчатым колесом.

Материалы, применяемые для изготовления зубчатых колес тяговых передач тягового подвижного состава, должны соответствовать требованиям по контактной выносливости и усталостной прочности зубьев. Правильный выбор материала и подобранный метод термообработки позволит получить требуемые эксплуатационные свойства зубчатых колес.

В соответствии с ГОСТ 30803-2014:

- шестерни изготавливают из сталей марок 20ХН3А, 20Х2Н4А, 12Х2Н4А по ГОСТ 4543-2016 или ШХ4 по ГОСТ 801-78.
- для изготовления колес или их венцы изготавливают из сталей марок 45ХН, 30ХН3А, 20ХН3А, 20Х2Н4А по ГОСТ 4543-2016 [1].

Каждая марка стали, применяемая для изготовления высоконагруженных зубчатых колес, имеет свой химический состав и должна соответствовать конструкторской документации на зубчатые колеса и шестерни (таблица 1).

**Таблица 1. Химический состав хромоникелевых сталей (ГОСТ 4543-2016) [3]**

Марка стали	Содержание элементов, %				
	C	Si	Mn	Ni	Cr
45ХН	0,36 – 0,44	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	1,00 – 1,40	0,45 – 0,75
30ХН3А	0,27 – 0,33	0,17 – 0,37	0,30 – 0,60	2,75 – 3,15	0,60 – 0,90
20ХН3А	0,17 – 0,24	0,17 – 0,37	0,30 – 0,60	2,75 – 3,15	0,60 – 0,90
20Х2Н4А	0,16 – 0,22	0,17 – 0,37	0,30 – 0,60	2,75 – 3,15	0,60 – 0,90

При выборе марки стали необходимо учитывать условия эксплуатации зубчатых колес. В процессе эксплуатации зубчатые колеса испытывают повторно-переменные нагрузки, которые являются причиной усталостного разрушения зубьев (поломки или выкрашивания рабочих поверхностей) (рисунки 1,2). Возникающие скольжения и силы трения в зацеплении вызывают изнашивание, а также заедание зубьев. Появление таких дефектов указывает на скорое разрушение передачи [2]. При этом перегрузки могут не вызывать непосредственно поломок деталей, но они существенно сказываются на их усталостной прочности и долговечности.

Поэтому основной критерий работоспособности высоконагруженных зубчатых колес, это глубинное контактное выкрашивание зубьев (рисунки 1,2) [3].





**Рис. 1. Дефекты зубчатого колеса**



**Рис. 2. Шестерня с выкрашиванием металла по профилю зуба [2]**

В связи с этим при изготовлении зубчатых колес активные поверхности зубьев и поверхности впадин должны быть упрочнены.

Для зубчатых колес и венцов из стали марки 20ХН3А, 20Х2Н4А и шестерен из стали марки 12Х2Н4А применяют поверхностную химико-термическую обработку, такую как цементацию, ионную цементацию или нитроцементацию.

Для шестерен из стали марки ШХ4, зубчатых колес и шестерен из сталей марок 45ХН, 30ХН3А поверхностную закалку токами высокой частоты (далее - ТВЧ) [1].

Закалка может быть реализована двумя способами:

- контурная, проводят по всему профилю зуба, включая впадину;
- секторная, проводят по активным поверхностям зубьев и переходной поверхности к впадине с последующим упрочнением впадин путем накатки роликами.

После закалки зубчатые колеса и шестерни должны соответствовать свойствам, приведенными в таблице 2.

**Таблица 2. Механические свойства материала колес и шестерен**

Механические свойства, не менее					
Временное сопротивление $\sigma_b$ , МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа (кгс/мм <sup>2</sup> )	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\Psi$ , %	Ударная вязкость КСУ, Дж/см <sup>2</sup> (кгс·м/см <sup>2</sup> )	Твердость основного металла, НВ (HRC)
При упрочнении ТВЧ					
830 (85)	590 (60)	10	35	44 (4,5)	255-302 (26-32,5)
При упрочнении цементацией					
931 (95)	735 (75)	10	45	78 (8,0)	Не менее 294 (31,5)

После закалки проводят оценку качества упрочненного поверхностного слоя зубьев (ГОСТ 33189-2014) [4].

В работе проведен литературный обзор по выбору материала, механическим свойствам, термической обработки высоконагруженных зубчатых колес тяговых передач подвижного состава.

Рассмотрены возможные дефекты, возникающие при эксплуатации зубчатых колес.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *ГОСТ 30803-2014* Колеса зубчатые тяговых передач тягового подвижного состава. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 24 с.
2. *Кобелева К.В.* Обзор методов повышения долговечности авиационных зубчатых передач / К.В. Кобелева, В.Р. Туктамышев // Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. 2017. № 50.
3. *Руденко С.П.* Выбор марки стали для высоконапряженных зубчатых трансмиссий авто тракторной техники по критерию прокаливаемости цементованного слоя / С.П. Руденко, А.Л. Валько, Е.И. Мосунов, Н.П. Тимошенко // Литье и металлургия. 2013 (1). С. 108-115.
4. *ГОСТ 33189-2014* Колеса зубчатые тяговых передач тягового подвижного состава. Шкалы эталонов макро- и микроструктур. М.: Стандартинформ, 2019. 27 с.

## **АНАЛИЗ 3D-MID ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕНОСА РИСУНКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ НА КОРПУСНЫЕ ДЕТАЛИ**

**В.Р. Кузьмичев, Н.И. Вершинина**

Научный руководитель – **Н.И. Вершинина**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Проведен анализ 3D-MID технологии переноса рисунка печатной платы на деталь. Исследованы сферы применения подобных решений в современной индустрии. Рассмотрены виды схем технологического процесса обработки деталей, набор рекомендуемых для применения в 3D-MID полимерных материалов, а также процесс установки электронных компонентов.*

***Ключевые слова:** 3D-MID технология, термопласт, монтажное основание, монтаж компонентов, одно – двухкомпонентное литье.*

## **ANALYSIS OF 3D-MID TECHNOLOGY OF PCB PATTERN TRANSFER ON CASE PARTS**

**V.R. Kuzmichev, N.I. Vershinina**

Scientific supervisor – **N.I. Vershinina**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

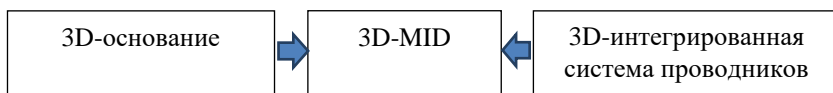
Yaroslavl State Technical University

*A general analysis of 3D-MID technology of PCB pattern transfer on a part is carried out. The spheres of application of such solutions in modern industry are investigated. Types of schemes of technological process of parts processing, a set of polymer materials recommended for application in 3D-MID, and also the process of installation of electronic components are considered.*

***Keywords:** 3D-MID technology, thermoplastic, mounting base, component mounting, one- two-component molding.*

В настоящее время для изготовления электротехнической продукции применяются различные виды термопластов. Выбор термопластов в основном определяется их ключевыми свойствами: температурами обработки и эксплуатации, показателем воспламеняемости, механическими и электрическими свойствами, пригодность к литью и металлизации, а также ценой. Из термопластов с помощью различных процессов можно изготавливать основание изделий и формировать структуру проводников в них, например, с помощью тех-

нологии 3D-MID. 3D-MID как технология, представляет собой объемное основание, выполненное из литого высокотемпературного термопластика, на которое интегрируются система проводников и контактных площадок (рисунок 1).



**Рис. 1. основополагающий принцип MID-технологии**

В таблице 1 приведены характеристики наиболее распространенных термопластов, применяемых в технологии 3D-MID.

**Таблица 1. Материалы для 3D-MID [1]**

Материал	Обозначение	Прочность на отрыв		Способность выдерживать температурную пайку		
		Химическое осаждение	Горячее тиснение	Групповая пайка оплавлением	Оплавление низкотемпературными припоями	Точечная пайка
Полипропилен	PP	+	+	-	0	+
Акрилонитрил-бутадиен-стирол	ABS	+	+	-	-	+
Поликарбонат	PC	+	+	-	+	+
Полиэтилентерефталат	PET	-	+	-	0	+
Полибутилентерефталат	PBT	+	+	0	+	+
Полиамид	PA	+	+	0	+	+
Полифениленсульфид	PPS	+	-	+	+	+
Полисульфон	PSU	+	н/д	0	+	+
Полиэфирсульфон	PES	+	+	+	+	+
Полиэфиримид	PEI	+	+	+	+	+
Жидкокристаллический полимер	LCP	+	0	+	+	+

Примечание: Условные обозначения, принятые в таблице. Прочность на отрыв: «+» – > 0,8 Н/мм, «0» – 0,5-0,8 Н/мм, «-» – как правило, такой способ металлизации не применяется. Паяемость: «+» – стандартный процесс, «0» – требуется подбор параметров, «-» – специальный процесс

На данный момент можно четко утверждать, что 3D-MID технология повсеместно применяется для следующих видов изделий (рисунок 2): антенны мобильных устройств: телефонов, смартфонов, коммуникаторов, КПК, ноутбуков и др.



**Рис. 2. Примеры изделий на базе технологий 3D-MID [1]:**

- 1 – антенна мобильного телефона;
- 2 – переключатель в мотоцикле;
- 3 – переключатель беспроводного прибора для распознавания кариеса;
- 4 – радиометка

Наиболее важным этапом при создании 3D-MID является изготовление основания, для реализации которого используется два вида технологического процесса: однокомпонентного и двухкомпонентного литья.

В технологии однокомпонентного литья основание целиком изготавливается из термопласта по определенному технологическому маршруту. Сначала производится одностадийное литье основания под давлением из пластика, легированного набором металлических комплексов. Далее выполняется формирование макета структуры проводящего рисунка с помощью лазерной установки. Затем выполняется операция покрытия, в процессе которой слой химической меди осаждается только на активируемых лазером местах, после над слоем меди наращивается слой никеля, далее по такой же схеме наносится слой золота над слоем никеля. На заключительном этапе выполняется установка компонентов с применением стандартных операций: пайки, сварки и т.д.

В технологии двухкомпонентного литья используется одновременное сочетание двух термопластов. В данном виде технологического процесса на первой стадии выполняется литье заготовки из активированного пластика. После производится активация поверхности полученной заготовки. Далее все имеющиеся участки поверхности полученной заготовки, на которых операция металлизации выполняться не должна, покрывается слоем второго пластика. Затем на участках первого термопласта выполняется осаждение меди, тем самым формируя проводящий рисунок платы, набор контактных площадок и прочих проводников. В заключении наносится финишное покрытие.

Заключительным этапом является монтаж компонентов на 3D-MID, который может проводиться сразу несколькими рядом способов. Способ монтажа выбирается с учетом температурной стойкости термопласта использованного в

процессе литья основания, например, можно использовать паяльную пасту или же проводящий клей для непосредственной установки проводников. В случае, если применяемый термопласт выдерживает температуру пайки оплавлением, то возможна сборка по технологии поверхностного монтажа: существуют автоматы, способные устанавливать компоненты на 3D основания сложной формы. В противном случае используется групповая пайка оплавлением легкоплавкими припоями, точечная пайка или монтаж на токопроводящий клей.

Область применения технологии 3D-MID неизбежно расширяется, за счет быстрого развития применяемых термопластов и создания новых технологических процессов. 3D-MID технология занимает в современной индустрии серьезные позиции, благодаря широким возможностям относительно формы и компактности. И если 25 лет назад эта технология еще опережала свое время, то теперь можно с полной уверенностью утверждать, что ее время настало.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интернет портал: «группа компаний «Ostec», комплексное оснащение производств и научно-исследовательских предприятий. URL: <http://3dmid.ru>.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ В КАЧЕСТВЕ ФИЛЬТРОВ

**Д.Ю. Кустов, В.А. Алов**

Научный руководитель – **В.А. Алов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В данной работе рассматриваются порошковые материалы и фильтры, произведенные на их основе. Исследование связано с фильтрами, изготовленными путем спекания порошковых материалов, их свойствами и способами применения.*

**Ключевые слова:** порошковые материалы, фильтр, спекание, частицы.

## APPLICATION OF POWDER MATERIALS AS FILTERS

**D.Y. Kustov, V.A. Alov**

Supervisor – **V.A. Alov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*In this paper, we consider powder materials and filters produced on their basis. The research is related to filters made by sintering powder materials, their properties and methods of application.*

**Keywords:** powder materials, filter, sintering, particles.

В данной работе рассматриваются порошковые материалы и фильтры, произведенные на их основе. Исследование связано с фильтрами, изготовленными путем спекания порошковых материалов, их свойствами и способами применения.

Порошковая металлургия представляет собой совокупность методов изготовления порошков металлов и металлоподобных соединений, полуфабрикатов и изделий из них без расплавления основного компонента.

Порошки получают механическими или физико-механическими методами. Основной метод формования – прессование в пресс-формах из закаленной стали под давлением 200 – 1000 МПа. Частицы порошков для различных изделий имеют размеры от 0,01 до 1000 мкм, а форма частиц зависит от метода

получения. Форма частиц порошка влияет на его технологические свойства, насыпную плотность, текучесть (скорость высыпания из воронки). Полученные порошки сортируют по фракциям ситовым методом (от 40 до 1000 мкм и от 0,1 до 40 мкм).

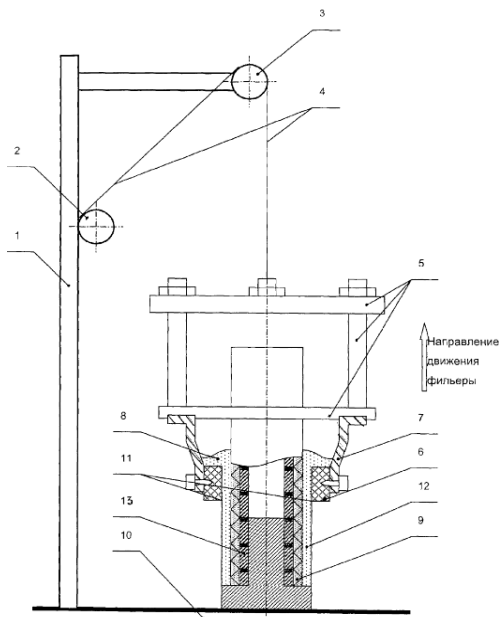
С помощью порошковой металлургии можно изготовить множество изделий, в том числе фильтры.

Фильтрующие свойства порошковых материалов представлены пористостью, проницаемостью, тонкостью фильтрации и грязеёмкостью. Тонкость фильтрования характеризует качественный процесс очистки жидкостей и газов от загрязнений. Номинальная тонкость фильтрования представляет собой минимальный размер частиц, прошедших через фильтр. Порошки могут иметь сферическую и несферическую форму. В производстве спеченных фильтров целесообразным выбором будут порошки с частицами сферической формы. Размеры частиц в зависимости от назначения фильтра от 0,1 до 0,7 мм. Они обладают лучшей проницаемостью, подающей регуляции и регенерации.

Спеченные фильтры изготавливают из порошков металлов или сплавов однородной фракции определённого химического состава. Для равномерного распределения порошка необходимо встряхивание или вибрирование формы. Таким образом, сферическая форма частиц не изменится, что способствует сохранению максимальной проницаемости. Так же для получения материала с повышенной пористостью (40-75 %) и достаточной прочностью в порошок вводят специальные добавки. С помощью современных методов производства, можно изготовить фильтры с изменяемой и регулируемой пористостью, проницаемостью и степенью очистки.

Способ изготовления спеченных фильтрующих элементов включает в себя: формирование газопроницаемой заготовки из металлического порошка, спекание, создание селективного слоя на поверхности цилиндрической газопроницаемой заготовки путем чередующихся операций нанесения и спекания. Данный способ отличается тем, что высокоэффективный слой со средним размером пор  $\leq 1$  мкм, обладает низким удельным сопротивлением газовому потоку и высоким коэффициентом качества. Слой формируется с помощью вертикально движущейся фильеры и приемного конусообразного устройства, симметрично расположенного в верхней части фильеры, которое заполнено пастой, состоящей из порошка и связующей добавки. Ниже приведена схема (рисунок 1) нанесения селективных слоев на наружную поверхность цилиндрической газопроницаемой заготовки, где: 1 – опора; 2 - двигатель; 3 - блок; 4 - тросик; 5 - траверса; 6 - фильера; 7 - приемное конусообразное устройство с пастой; 8 - паста; 9 - газопроницаемая заготовка; 10 - стол; 11 - калибровочное отверстие фильеры; 12 - селективный слой; 13 - перфорированный каркас.

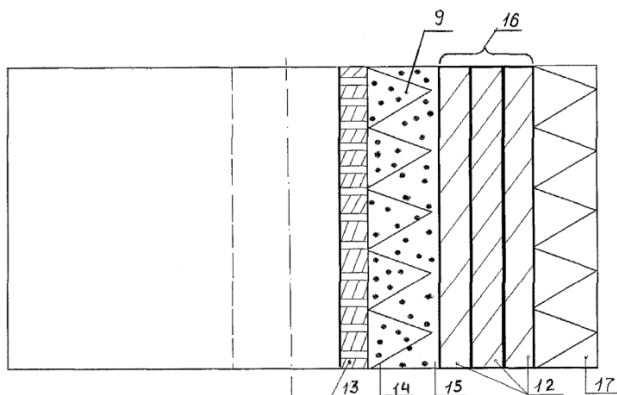




**Рис. 1. Схема нанесения селективных слоев**

Применение фильеры позволяет формировать селективные слои на поверхности грубопористой заготовки без глубинного проникновения порошка в структуру заготовки и использовать порошок, размер частиц которого не зависит от среднего диаметра пор заготовки. Ниже приведена структура фильтрующего элемента (рисунок 2), изготовленного по данному способу, где: 9 - газопроницаемая заготовка, состоящая из сетки (14) и грубопористого слоя (15), нанесенного на сетку (14); 13 - перфорированный каркас; 16 - тонкопористый фильтрующий слой, состоящий из нескольких селективных слоев (12); 17 - защитная сетка (кожух).

На наружной поверхности газопроницаемой заготовки (9), вертикально движущейся снизу-вверх фильерой (6) с приемным устройством (7), заполненным пастой, состоящей из порошка и связующей добавки, формируют селективные слои (12) с последующим спеканием при температуре 0,8-0,9 от температуры первого спекания. Неоднократное чередование операций - нанесение и спекание - позволяет значительно снизить дефектность структуры за счет перекрытия локальных дефектных мест, что обеспечивает высокое качество изделий в целом.



**Рис. 2. Структура фильтрующего элемента**

Прочность спеченных материалов определяется их относительной плотностью. Для повышения прочности и вязкости в шихту порошков на основе железа вводят порошки меди, никеля, молибдена, хрома, марганца, кремния. Помимо легирования для повышения прочности в шихту вводят до 1 % порошка графита, а после спекания заготовки закаляют или цементируют и заливают.

**Вывод:**

Фильтры, спеченные из порошков, по сравнению с фильтрами из других материалов (бумаги, фибры, фетра, металлических сеток, фторопластовых и нейлоновых пористых материалов) отличаются большой прочностью и стабильностью формы, теплостойкостью и теплопроводностью, а также способностью восстанавливаться в процессе эксплуатации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кипарисов С.С.* Порошковая металлургия / С.С. Кипарисов, Г.А. Либенсон. М., 1980.
2. Порошковая металлургия и напыленные покрытия / под ред. Б.С. Митина. М., 1987.
3. Патент РФ № 2320740. Способ изготовления спеченных фильтрующих элементов / Карамышев В.Г., Косяков А.А., Громова О.А., опублик. 2008.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЗАКАЛЕННОЙ СТАЛИ 40ХГСНМ

**А.В. Лазутин, М.В. Калашников**

Научный руководитель – **Д.М. Мордасов**, д-р техн. наук,  
профессор

Тамбовский государственный технический университет

*Проведен металлографический анализ закаленной стали 40ХГСНМ. Разработана технология ее термического упрочнения. Показано, что закалка стали и последующий низкий отпуск, позволяют сформировать структуру мелкоигльчатого мартенсита.*

**Ключевые слова:** высокопрочная сложнлегированная сталь, закалка, мелкоигльчатый мартенсит.

## THE RESEARCH OF THE STRUCTURE OF HARDENED STEEL 40ХГСНМ

**A.V. Lazutin, M.V. Kalashnikov**

Scientific Supervisor - **D.M. Mordasov**, Doctor Technical Sciences,  
Professor

Tambov State Technical University

*Metallographic analysis of hardened steel 40ХГСНМ was carried out. The technology of its thermal hardening has been developed. It is shown that steel quenching and subsequent low tempering make it possible to form the structure of fine acicular martensite.*

**Keywords:** high-strength complex-alloyed steel, hardening, fine acicular martensite.

Получение заданных свойств изделий машиностроения, изготавливаемых из стали, возможно путем их термической или химико-термической обработки. Разработка и реализация таких технологий позволяет сформировать заданную структуру и обеспечить требуемые свойства сталей [1, 2]. Для обеспечения устойчивости к динамическим или ударным нагрузкам высокопрочные сложнлегированные стали имеют высокие значения пределов текучести и прочности.

Сталь 40ХГСНМ относится к среднелегированным низкоотпущенным сталям. Никель, хром и молибден в составе рассматриваемой стали увеличивают сопротивление хрупкому разрушению, а кремний позволяет при сравнительно небольшом содержании углерода (0,4 %) обеспечить высокую прочность.

Выбор определенных параметров процесса термической обработки является сложной задачей, решаемой, как правило, экспериментально. Это связано с тем, что положение критических точек для той или иной стали, вид диаграмм изотермического распада переохлажденного аустенита, зависит от химического состава этой стали.

В результате анализа данных проведенных экспериментов выбраны параметры процесса закалки стали 40ХГСНМ, включающего в себя следующие этапы:

- температура нагрева образца – 900 °С;
- выдержка при температуре 900 °С - 1 час;
- охлаждение до комнатной температуры - в масле;
- отпуск – 250 °С в течение 1 часа;
- охлаждение до комнатной температуры – на воздухе.

Оценку качества упрочняющей термической обработки осуществляют по результатам измерения твердости и определения микроструктуры.

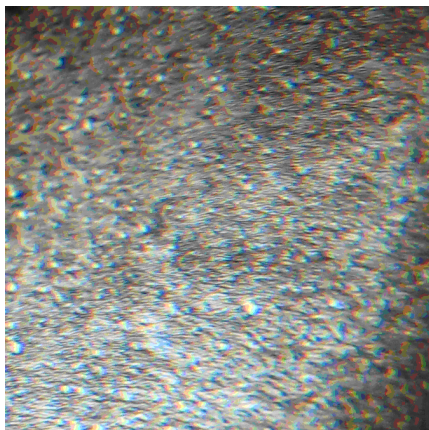
При проведении исследований для контроля твердости применялся твердомер Роквелла (тип ТК). По результатам измерений средняя твердость обработанного по приведенному выше режиму образца составила 55HRC.

При определении карбидной неоднородности использовалась эталонная шкала № 6 ГОСТ 8233-56. В результате сравнения микроструктуры стали со шкалой получена величина карбидной неоднородности - 1 балл.

Изучение микроструктуры металлических материалов осуществляется путем проведения металлографического анализа [3, 4], предусматривающего подготовку шлифа, выявление структуры травлением и ее изучение при помощи микроскопа.

Для выявления микроструктуры стали использовалась методика химического травления шлифа реактивом, состоящим из 1 гр FeCl<sub>3</sub>, 3 мл C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH и 2 мл H<sub>2</sub>O (время травления 2 с). Образец после химического травления изучался в режиме светлопольного освещения (поляризованный свет) с использованием металлографического микроскопа ММР-2Р с иммерсионным объективом.

На рисунке 1 показана микроструктура образца при увеличении 1000х. По шкале № 3 ГОСТ 8233-56 выявленная структура мартенсита соответствует 2 баллу. Это мелкоигльчатый мартенсит с размером игл не превышающим 2 мкм.



**Рис. 1. Микроструктура закаленной стали 40XГСНМ (1000х)**

В результате проведенного металлографического анализа образца стали 40XГСНМ после термической обработки в соответствии с разработанной технологией, установлено, что закалка с низким отпуском позволяет сформировать структуру мелкоигольчатого мартенсита с карбидной фазой на основе легированного цементита. Такая структура оптимальна для достижения высокой прочности и пластичности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мордасов Д.М.* Термоциклическая обработка штампов для работы в условиях горячего деформирования из стали Х12МФ / Д.М. Мордасов, С.В. Зотов // Вестник ТГТУ. 2016. Т. 22. № 3. С. 481-490.
2. *Мордасов Д.М.* Металлографический анализ стали Х2СРН1М0СUN25-6-3 после различных режимов ее термической обработки // Научные технологии в машиностроении. 2020. № 9 (111). С. 3-6.
3. *Мордасов Д.М.* Выявление структуры аустенитно-ферритной стали / Д.М. Мордасов, И.В. Труфанов, А.В. Гурьев // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент. Материалы XII Международной научно-инновационной молодежной конференции. Тамбов. 2020. С. 85-86.
4. *Мордасов Д.М.* Исследование структуры шва сварного соединения бурильных труб из стали 32Г2 / М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов // Наука. Технология. Производство - 2019: Моделирование и автоматизация технологических процессов и производств, энергообеспечение промышленных предприятий. Материалы Всероссийской научно-методической конференции, посвященной 100-летию образования Республики Башкортостан. Салават. 2019. С. 255-258.

## АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ РОБОТИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ

**Н.Д. Лябихов, И.Н. Куприянов**

Научный руководитель - **И.Н. Куприянов**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В работе рассматриваются способы роботизированной сварки и их применение на производстве.*

***Ключевые слова:** робот, сварка, роботизация, автоматизация, способы сварки.*

## ANALYSIS OF THE APPLICATION OF VARIOUS METHODS OF ROBOTIC

**N.D. Lyabikhov, I.N. Kupriyanov**

Scientific Supervisor - **I.N. Kupriyanov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The paper discusses the methods of robotic welding and their application in production.*

***Keywords:** robot, welding, robotization, automation, welding methods.*

Сварка – один из развитых методов создания неразъемных соединений из различных материалов: металлов, сплавов, полимеров. Автоматизация сварочного производства позволяет повысить производительность труда и качества продукции, сократить обслуживающий персонал.

Роботы – это универсальные автоматы-манипуляторы с программным управлением, предназначенные для воспроизведения управляющих и двигательных функций человека, обладающие способностью к адаптации. Результатом использования роботов в сварочном производстве является упрощение выполнения швов любой формы, в том числе коротких, что даёт возможность применять наиболее производительные режимы сварки при формировании сварных швов с минимальным отклонением от требуемых геометрических размеров. При роботизации растёт эффективность процесса сварки, экономия сварочных материалов, электроэнергии, а также уменьшение деформаций сва-

риваемой детали, сокращается потребность в специальном сварочном оборудовании и в изготовлении специальных и специализированных станков, установок и машин для сварки.

Сварка роботами была первым промышленным применением роботов, а самый первый вид сварки была точечная контактная. В 1969 году компания GM (США) установила 26 роботов для контактной сварки автомобильных кузовов. Постепенно использование сварочных роботов захватывало все больше автомобилестроительных компаний, а также распространялось и в другие отрасли промышленности. Сегодня 80 % всех промышленных роботов используются для роботизированной сварки.

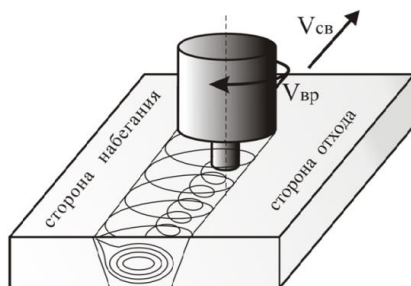
В проблему роботизации сварочного производства входит выбор универсальных средств робототехники и комплексное решение технико-экономических вопросов, непосредственно связанных с внедрением средств робототехники на конкретном сварочном производстве.

Конструктивно сварочные роботы состоят из роботов-манипуляторов с последовательной или параллельной структурой. Роботизированная сварка подразумевает применение вместе с одним или несколькими промышленными роботами целого комплекса дополнительного оборудования.

К способам роботизированной сварки относятся следующие:

1. Роботизированная точечная контактная сварка осуществляется сварочными роботами со сварочными клещами. В руке робота размещают трансформатор и токоведущие элементы вторичного контура в виде клещей, которые весят не более 50 кг. При этом для достижения места сварки требуется подготовить возможность поворота манипулятора и материала для сварки в различных плоскостях.
2. Роботизированная дуговая сварка осуществляется манипулятором робота с помощью сварочной головки вместе с электродом, который должен располагаться перпендикулярно рабочей поверхности. Робот-манипулятор должен иметь не менее 5 степеней подвижности. В процессе сварки используется флюс, который защищает сварочную дугу и сварочную ванну, поэтому повышается качество сварных швов за счет очищения металла шва от загрязнений, а в сварочной ванне металл рафинируется, легируется, раскисляется. Область применения: тяжелое транспортное, нефте-химико-энергетическое машиностроение.

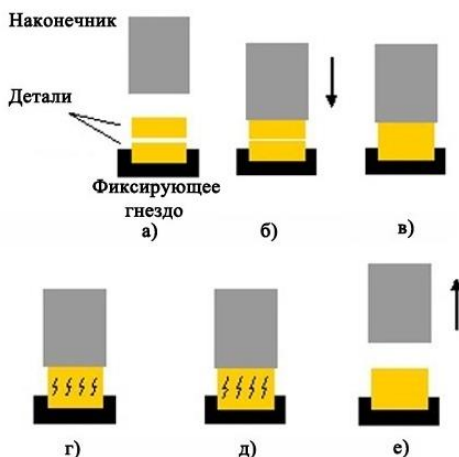
Сварка трением с перемешиванием была разработана в 1991 году Британским институтом сварки (TWI). Процесс сварки осуществляется соединением материалов в твердой фазе, за счет чего теряются недостатки, зависящие от расплавления и испарения металла. Для сварочного процесса сварки применяют инструмент в форме стержня (рисунок 1). Стержень состоит из двух основных частей заплечика или бурта (утолщенная часть) и наконечника (выступающая часть).



**Рис. 1. Процесс сварки трением с перемешиванием**

Размеры конструктивных элементов выбирают в зависимости от толщины материала свариваемых деталей. Благодаря пластической деформации вдоль линии стыка детали соединяются без расплавления. Данную сварку применяют в основном для соединения материалов со сравнительно низкой температурой плавления, прежде всего алюминиевых, медных, титановых, никелевых, магниевых сплавов и сталей. Этот метод внедрили в производство высокотехнологичных изделий в отраслях, связанных с авиастроением, судостроением, вагоностроением.

3. Ультразвуковая сварка была разработана в 1940-х годах, в промышленных целях используется с 1960-х для сварки тонкой проволоки в электронной промышленности. При данной сварке обе детали держатся на одном месте. Для создания трения используют высокочастотные звуковые волны (рисунок 2). Трение и тепло создается акустической энергией, в конечном итоге детали свариваются между собой менее чем за секунду.



**Рис. 2. Принцип ультразвуковой сварки:**

*а* - совмещение деталей, *б* - контакт деталей с наконечником,  
*в* - приложение давления, *г* - сварка, *д* - выдержка, *е* - подъем наконечника



Процесс сварки – автоматизирован полностью и производится на специальных установках (рисунок 3). Благодаря данной сварке можно создать сложные электрические соединения, сваривать алюминий и медь, герметизировать концы медных трубок, сваривать пластмассы и встраивать металлические детали в пластмассовые.

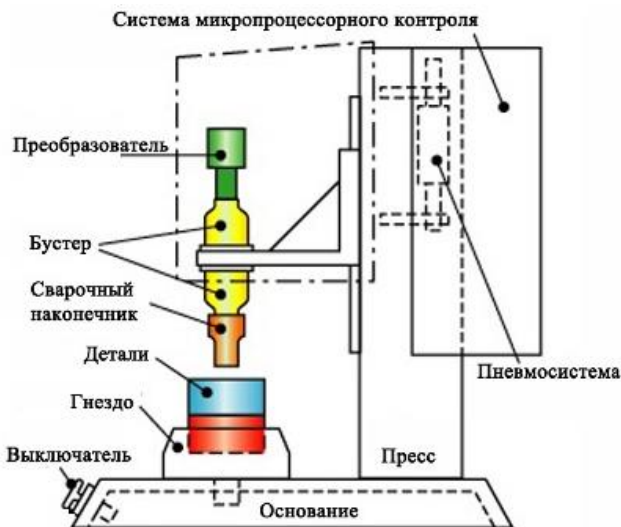


Рис. 3. Схема установки для звуковой сварки

Таким образом, анализ различных способов роботизированной сварки показал, что роботы для сварки используются широко, но это зависит от особенностей сварных конструкций и материала для каждого отдельного случая. Роботизированная сварка позволяет в значительной степени повысить качество сварки, уменьшить расход сварочных материалов и электроэнергии, а также решения задач сборки, загрузки, сварки и выгрузки с рабочего места готовой продукции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гладков Э.А.* Автоматизация сварочных процессов : учебник / Э.А. Гладков, В.Н. Бродягин, Р.А. Перковский. Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. 421 с.
2. URL: <http://robomatic.ru/content/vidy-robotizirovannoy-svarki>
3. URL: <http://svarka-24.info/svarka-treniem-s-peremeshivaniem-konstrukcionnyx-materialov/>
4. URL: <http://electricalschool.info/main/electrotehnolog/1410-ultrazvukovaja-svarka.html>

## СТЕРЖНЕВЫЕ СМЕСИ НА ОСНОВЕ КОМБИНАЦИЙ СЛОЖНЫХ НЕОРГАНИЧЕСКИХ СОЛЕЙ

**А.И. Марков, И.О. Леушин**

Научный руководитель - **И.О. Леушин** д-р техн. наук, профессор

Нижегородский государственный технический университет  
им. Р.Е. Алексеева (федеральный опорный университет)

*Рассматривается применение квасцов, как связующего, при изготовлении литейных стержней. Приведены операции по изготовлению стержней на основе комбинации квасцов и жидкого стекла. Рассмотрено применение комплексного метода отверждения стержневой смеси, на основе комбинаций физических воздействий (свч-нагрев и вакуумирование).*

**Ключевые слова:** литейный стержень, неорганическая соль, связующее, комбинация неорганических солей, квасцы, жидкое стекло, вакуумирование, СВЧ-нагрев.

## CORE MIXTURES BASED ON A COMBINATION OF INORGANIC SALTS THEIR APPLICATION AND CURING

**A.I. Markov, I.O. Leushin**

Scientific Supervisor - **I.O. Leushin**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

R.E. Alekseev Nizhny Novgorod State Technical University  
(Federal Reference University)

*The use of alum as a binder in the manufacture of casting rods is considered. Operations for the production of rods based on a combination of alum and liquid glass are presented. The application of a complex method of curing a rod mixture, based on a combination of physical influences (microwave heating and vacuuming), is considered.*

**Keywords:** casting rod, inorganic salt, binder, combination of inorganic salts, alum, liquid glass, vacuuming, microwave heating.

Материал литейных стержней может включать комбинации неорганических солей, к которым относят: фосфаты, бораты, сульфаты, хлориды, и силикаты. Производство таких стержней, получаемых по процессам Cordis, LK, Beach-Vox [1-3], получило широкое распространение за рубежом.

Как показал опыт, использование в качестве связующего в стержневых смесях сульфатов, силикатов, боратов, или хлоридов без комбинирования чревато последствиями, которые влияют на основные технологические свойства стержней [4].

Прежде всего, это:

- высокая осыпаемость, из-за низкой поверхностной прочности;
- ограниченное время хранения, за счет высокой гидролитической способности связующих;
- низкая прочность, особенно в условиях высокой влажности, по всему объему стержня.

Стержневые смеси на основе комбинаций неорганических солей, имеют в своем составе жидкое стекло, которое позволяет повысить прочность и увеличить время хранения стержней [5]. Количество жидкого стекла в смеси непосредственно влияет на технологические характеристики литейных стержней. Уменьшение количества жидкого стекла снизит прочность смеси, но улучшит выбиваемость, тем самым снизятся трудозатраты на изготовления отливки. При этом использование комбинации неорганических солей, поможет, не только уменьшить количество жидкого стекла, тем самым улучшить выбиваемость, но при этом не потеряется и прочность стержней.

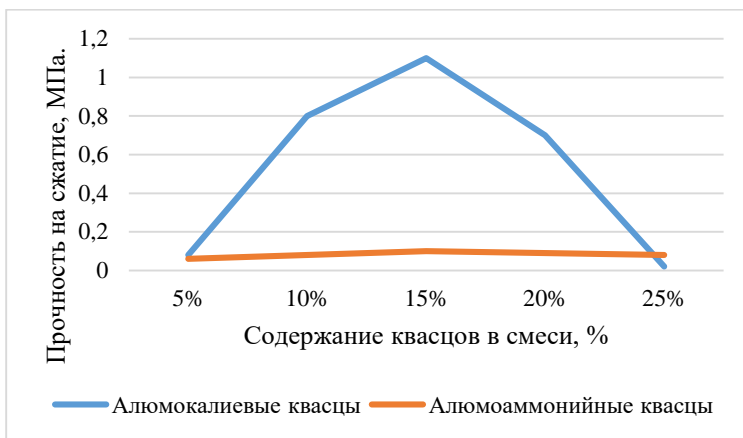
Для уменьшения количества жидкого стекла, а также для улучшения выбиваемости, могут быть применены специальные добавки, которые в своем составе уже имеют комбинацию солей. К таким добавкам можно отнести квасцы.

Квасцы — двойные соли, кристаллогидраты сульфатов трёх- и одновалентных металлов общей формулы  $M_2^+SO_4^{2-}M_2^{3+}(SO_4)_3^{2-} \cdot 24H_2O$ .

В рамках представленной работы проводили сравнение алюмокалиевых и алюмоаммонийных квасцов (рисунок 1). В итоге алюмокалиевые квасцы показали самые высокие прочностные показатели. Дальнейшее исследование происходило только с использованием алюмокалиевых квасцов.

В основе упрочнения таких стержней лежит процесс дегидратации, а также образование кристаллогидратов. При тепловом отверждении квасцы достаточно быстро теряют кристаллизационную воду, создавая устойчивые контакты с зёрнами наполнителя, образуя при этом моногидраты, которые придают прочность смеси. Таковую смесь можно регенерировать с помощью теплой воды, и после повторного дробления и просеивания измельченный материал может быть снова использован.

Методом теплового отверждения была выбрана СВЧ обработка. По сравнению с нагревом посредством конвекции, СВЧ обработка позволяет нагревать стержень по поверхности, внутренняя его часть нагревается путем теплопередачи от поверхности к сердцевине, поэтому при отверждении стержней образуется прочная оболочка, сердцевина при этом будет менее плотной.



**Рис. 1. Прочность на сжатие стержневых смесей на основе квасцов**

Как показывают результаты исследования по использованию квасцов, как связующие стержневой смеси, они являются перспективным материалом для смесей в литейном производстве. Максимальная прочность на сжатие стержневой смеси на основе алюмокалиевых квасцов составила 1,1 МПа.

В дальнейшем исследовании были направлены, на уменьшение себестоимости изготовления стержней, а также повышение прочности. С этой целью в состав стержневой смеси добавлено жидкое стекло. Использование жидкого стекла повышает прочность по всему объему стержня, в тоже время, добавка квасцов, позволяет улучшить выбиваемость стержня, а также способствует размягчению связующего в процессе удаления стержня из отливки.

С целью уменьшения количества жидкого стекла и времени нагрева, было предложено использование вакуумирования (таблица 1). Применение вакуумирования позволяет ускорить процесс сушки стержня, а также получить более плотную упаковку зёрен твёрдого огнеупорного наполнителя.

**Таблица 1. Свойства смесей**

Состав смеси и тип физического воздействия	Предельная прочность на сжатие, МПа	Предельная прочность при растяжении, МПа	Газопроницаемость, ед.
Алюмокалиевые квасцы (СВЧ обработка)	1,3	1	240
Алюмокалиевые квасцы и жидкое стекло (СВЧ обработка)	>1,5 (образец не разрушился)	1,13	210
Алюмокалиевые квасцы и жидкое стекло (СВЧ обработка+ вакуумирование)	>1,5 (образец не разрушился)	1,24	200

В результате исследований наибольшую прочность получили стержни на основе жидкого стекла, алюмокалиевых квасцов, с последующей комбинацией физического воздействия (СВЧ нагрев+вакуумирование).

По результатам произведенных исследований, можно сделать вывод, что применение жидкого стекла и алюмокалиевых квасцов, а также последующее отверждение посредством СВЧ нагрева и вакуумирования позволяет:

- изготавливать стержни, прочность на сжатие которых составляла 1,3-1,5 МПа и более, что полностью удовлетворяет требованиям стержней для стального, чугунного, и цветного литья;

- обеспечить уменьшение количества жидкого стекла без потери прочностных показателей, посредством использования вакуумирования;

- уменьшить трудозатраты, направленные на выбивку стержней из отливок, за счет уменьшения жидкого стекла;

- увеличить регенерируемость стержней смеси на основе жидкого стекла с добавкой квасцов;

- обеспечить оболочковый тип стержней, за счёт СВЧ нагрева, это необходимо в первую очередь при изготовлении тонкостенных отливок из некоторых легированных чугунов и сталей, склонных к образованию трещин.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. DE 102006031191 A1, IPC: B22C 1/18. Anm.: Dracowo Forschungs- und Entwicklungs GmbH, 06766 Wolfen, DE. Anorganische Kernsanbinder und Schichten für den Aluminiumguss und ihre weitere Verwendung als Düngemittel. Pub.: 10.01.2008.
2. DE 19632293 A1, IPC: B22C 9/12. Anm.: T. Steinhäuser, 47574 Goch, DE. Verfahren zur Herstellung von Kernformlingen für die Gießereitechnik. Pub.: 19.02.1998.
3. WO2010007180. Anm.: Ceramtec AG, 73207 Plochingen, DE. Kerne auf der Basis von Salz und Verfahren zu ihrer Herstellung. Pub.: 21.01.2010.
4. *Илларионов И.Е.* Применение технологии получения металлофосфатных связующих стержневых и формовочных смесей на их основе // Черные металлы. 2018 (1036). № 4. С. 13-19.
5. *Евстигнеев А.И.* Исследование свойств смесей со связующими на основе сульфата магния / А.И. Евстигнеев, В.В. Петров, Э.А. Дмитриев, А.А. Тарасова // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2010. № 2. С. 232-237.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СВАРОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

**Д.А. Мартынов, А.Г. Магдин, А.Д. Припадчев, Е.М. Езерская**

Научный руководитель – **А.Г. Магдин**, канд. техн. наук,  
ст. преподаватель

Оренбургский государственный университет

*Одним из основных технологических процессов на предприятии является сварочные работы. Автоматизация сварочных процессов является важным элементом в оптимизации производства.*

***Ключевые слова:** сварочная работа, автоматические машины, технологический процесс.*

## AUTOMATION OF WELDING PROCESSES

**D.A. Martynov, A.G. Magdin, A.D. Pripadchev, E. M. Ezerskaya**

Scientific Supervisor - **A.G. Magdin**, Candidate of Technical Sciences,  
Senior Lecturer

Orenburg State University

*One of the main technological processes at the enterprise is welding work. Automation of welding processes is an important element in optimizing production.*

***Keywords:** welding work, automatic machines, technological process.*

На сегодняшний день каждое предприятие старается, чтобы главные технологические операции были автоматизированы. И одним из основных действий в производстве является сварочные работы. В заводских условиях автоматизация сварки позволяет упростить сам процесс, уменьшить вмешательство человека в ход работы, что значительно увеличивает производительность предприятия и качество изготавливаемого изделия, также сокращает экономические затраты. Актуальность автоматизации операций на предприятии невозможно отрицать, например, высокие требования для серийного производства конструкции в ракетно-космической технике, таких как: жидкостных ракетных двигателей, сопловых блоков, металлоконструкции стартовых ракетных комплексов и т.д.

Производство изделий весьма затратный процесс, поэтому автоматиза-

ция сварочных работ является выгодной, так как происходит снижение расходного материала. Помимо этого сокращение рабочих кадров, но при этом замена на высококвалифицированных специалистов, и спад энергетических издержек, тем не менее, закупка нового более качественного оборудования. В итоге это позволит сократить производственный цикл и в результате затраты на производство конечного продукта снижаются. Также преимуществом является снижение стрессовой нагрузки у рабочего персонала при выполнении монотонных работ, что помогает сохранить здоровье работников во время производственных процессов, и снизить риск получения профессиональных болезней.

Хорошее качество предварительной подготовки позволит максимально точно провести сборку под сварку, что позволит легче решить цели по автоматизации и продуктивности рабочего процесса. Начальная сборка изделий должна быть проведена в условиях механизации и автоматизации заготовочных и монтажных работ, потому что сильно влияет на автоматизацию сварочного процесса, т.к. есть значительный вероятностный появления дефекта. Впоследствии такие неточности могут привести к отклонению расположения соединения, в результате серьезных термических деформаций при неровности в области нагрева детали во время сварочных работ.

Автоматизировать сварочные работы можно на различных предприятиях в не зависимости от их масштабов. Это и простейшие задачи, такие как изменение силы тока при контактно сварке или движение источника нагрева, можно также перемещение самого изделия в автоматическом режиме. Для того чтобы достигнуть этих целей необходимо, автоматизировать весь отдельный процесс, например перемещение детали на роликах вдоль или по кривой под электродом. Во многих современных сварочных аппаратах используется специальное программное обеспечение. Использование числового программного управления способствует автоматической настройке электрических характеристик, задание режимов работы, задание позиционирования деталей, слаженнее за швами и т.д. Также специальными сенсорами регулируется весь рабочий цикл, в случае необходимости система может подстроить алгоритм действий.

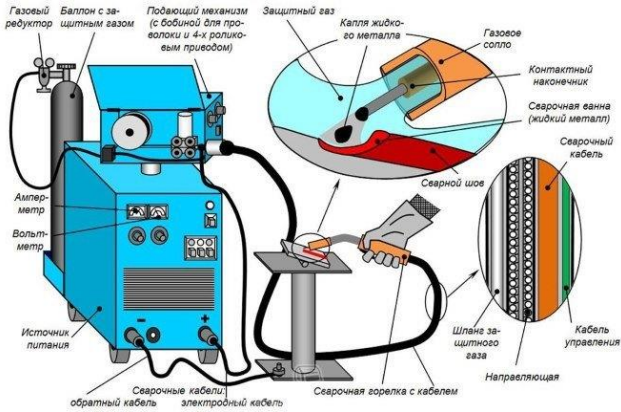
В современной промышленности существует два вида автоматизированного оборудования для сварочных работ:

- Полуавтоматические машины. Называется полуавтоматическим, потому что вместо электрода с покрытием используется присадочная проволока, при этом оператор задает скорость ее подачи.

- Автоматические машины. Система управления регулирует скорость и степень подачи расходного материала, процесс перемещения сварочной дуги.

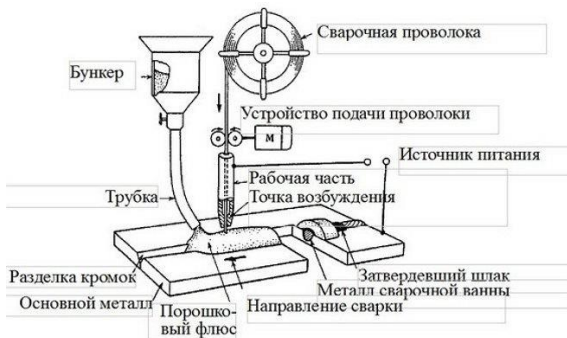
Применяется полуавтоматы (рисунок 1) при сварке соединений изделий толщиной от 0,8 мм. При этом виде сварки можно получить швов любой формы и в разных пространственных положениях, что является хорошим преимуществом при серийном производстве конструкций различных форм. Также

происходит защита от воздуха благодаря инертным газам.



**Рис. 1. Полуавтоматический сварочный аппарат**

Для работ с металлами толщиной от 1,5 мм используется автоматическая сварка (рисунок 2). Весь процесс происходит с использованием подвесного устройства. Зажигание и гашение сварочной дуги, также контроль параметров происходит автоматами. При такой сварке геометрические размеры сохраняются постоянно.



**Рис. 2. Чертеж автоматической сварки**

Также в промышленности в последнее время применяются сварочные роботы, в большинстве случаев на предприятии с крупным конвейерным производством. В таких машинах обычно используют термостойкие и высокопрочные компоненты, а современные схемы позволяют работать роботу даже при перебоях в электричестве.

Роботы для автоматизированной сварки широко применяются на различных предприятиях в России. В интервью проекту RoboGeek.Ru директора



различных компании рассказали, что клиентами являются сварочные производства, атомная энергетика, производители мебели, металлоконструкций, автомобильных деталей, также заводы Федерального космического агентства Роскосмос, представители нефтегазовой отрасли и многих других.

В настоящее время сварочная работа стала одной из основных отраслей промышленного производства. Одним из главных направлений в ней это автоматизация всего процесса, что приведет к последующему развитию сварочного производства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мухин В.Ф.* Автоматизация сварочных процессов: Учеб. пособие / В.Ф. Мухин, Е.Н. Еремин. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2011. 113 с.
2. Промышленная роботизация в России. URL: <https://robogeek.ru/intervyu/promyshlennaya-robotizatsiya-v-rossii>
3. *Козырев Ю.Г.* Промышленные роботы. Справочник. 2-е издание, переработанное и дополненное. М: Машиностроение, 1988. С. 392.

## **ВЛИЯНИЕ ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНОГО СООТНОШЕНИЯ В ПОЛИМЕР-МИНЕРАЛЬНОМ КОМПОЗИЦИОННОМ МАТЕРИАЛЕ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА**

**М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов**

Научный руководитель – **Д.М. Мордасов**, д-р техн. наук,  
профессор

Тамбовский государственный технический университет

*Статья посвящена исследованию влияния полимерцементного соотношения на физико-механические свойства полимер-минерального композиционного материала. Установлено, что при увеличении содержания полимерной составляющей при одинаковом водоцементном соотношении, увеличиваются показатели прочности материала. Выявлено, что наряду с повышением физико-механических свойств, с увеличением полимерной части возрастает усадка и деформация материала по окончании полимеризации, что негативно сказывается на качестве получаемых покрытий.*

**Ключевые слова:** бетон, полимерцементное соотношение, полимеризация, композиционный материал, защитно-декоративное покрытие.

## **INFLUENCE OF POLYMERCEMENT RATIO IN POLYMER-MINERAL COMPOSITE MATERIAL ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES**

**M.D. Mordasov, D.M. Mordasov**

Scientific supervisor – **D.M. Mordasov**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Tambov State Technical University

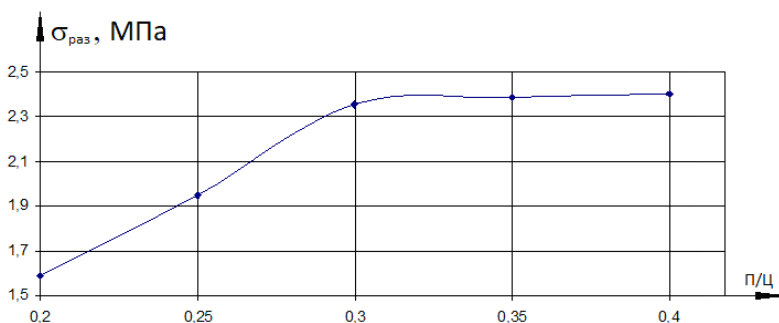
*The article is devoted to the study of the effect of the polymer-cement ratio on the physical and mechanical properties of the polymer-mineral composite material. It was found that with an increase in the content of the polymer component with the same water-cement ratio, the strength indicators of the material increase. It was revealed that along with an increase in physical and mechanical properties, with an increase in the polymer part, the shrinkage and deformation of the material at the end of polymerization increases, which negatively affects the quality of the coatings obtained.*

**Key words:** concrete, polymer-cement ratio, polymerization, composite material, protective and decorative coating.

Бетон является одним из главных материалов, используемых в отрасли строительства последнего столетия. Однако данный материал имеет значительные недостатки, такие, как низкая прочность при изгибе, растяжении, медленная скорость отверждения, низкие показатели трещиностойкости, ударной вязкости и пластичности. Для корректировки этих недостатков в настоящее время используют различные полимерные добавки: порошкообразные водонерастворимые полимеры, вязкожидкие олигомеры, водные дисперсии олигомеров и водонерастворимые олигомеры и полимеры [1, 2].

В настоящей работе проведены исследования влияния полимерцементного соотношения ( $\text{П/Ц} = 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8$ ) на прочность и пластичность полимер-цементного материала. В качестве полимерной добавки использован сложный комплекс, состоящий из водной дисперсии сополимера стирола, эпоксидной смолы и суперпластификатора [3, 4].

Подготовка образцов для испытаний на растяжение производилась в соответствии с ГОСТ 11262-2017 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение». Испытания на растяжение проводились на универсальной разрывной машине УТС-101-5 (скорость 20 мм/мин, тип датчика 5000 Н). На рисунке 1 представлены зависимости физико-механических характеристик от полимерцементного соотношения.



**Рис. 1. Зависимость прочности при разрушении от полимерцементного соотношения**

Верхнее значение диапазона  $\text{П/Ц} = 0,4$  было выбрано по результатам предварительных исследований. Установлено, что при увеличении содержания полимера возрастает степень усадки материала, появляется деформация покрытия и расслаивание полимерных и минеральных частей (в большей степени проявляется у образцов с  $\text{П/Ц} = 0,5; 0,6; 0,7; 0,8$ ). Для защитно-декоративного покрытия данные дефекты являются недопустимыми.

Повышение прочности при разрушении по мере увеличения соотношения  $\text{П/Ц}$  в композиционном материале обусловлено взаимодействием цементной и полимерной матрицы с образованием взаимопроникающей фазовой

структуры. При значениях П/Ц  $> 0,4$  формирование дефектной структуры происходит вследствие избытка полимерной составляющей.

Перегиб на графике (рисунок 1) в области П/Ц = 0,3 соответствует началу перехода к формированию избыточного полимерного слоя между минеральными частицами.

В результате проведенных исследований выбрано оптимальное соотношение полимерной и минеральной части в композиционном материале П/Ц = 0,3, обеспечивающее необходимый комплекс физико-механических свойств для защитно-декоративного покрытия строительных конструкций.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Тамбовской области в рамках научного проекта № 19-43-68003.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мордасов М.Д.* Сравнительный анализ физико-механических свойств полимер-минеральных композиционных составов / Д.М. Мордасов, Н.А. Харитонов, М.Д. Мордасов // Современные твердофазные технологии: теория, практика и инновационный менеджмент, издательский центр ФГБОУ ВО «ТГТУ», Тамбов, 20-22 мая 2020. С. 33-34.
2. *Рапинов В.Б.* Химия в строительстве / В.Б. Рапинов, Ф.М. Радионов. М.: Строиздат, 1977. 220 с.
3. *Мордасов М.Д.* Исследование структуры полимерного композиционного материала на основе смолы ЭД-20 и нанодисперсии сополимера стирола и акриловой кислоты / М.Д. Мордасов, Д.М. Мордасов, Д.Л. Полушкин, П.В. Макеев // Вестник Тамбовского государственного технического университета, Тамбов. 2019. С. 136-141.
4. *Mordasov M.* Influence of lead-manganese naphthenate on changes in the dynamic edge wetting angle upon spreading of styrene-acrylic dispersion / D. Mordasov, M. Mordasov // Journal of physics: conference series, Institute of Physics Publishing. 2020. P. 1-5.

## ДИФФУЗИОННАЯ СВАРКА СПЛАВОВ VT1-0 И АД1

**А.В. Мысина**

Научный руководитель – **Д.М. Мордасов**, д-р техн. наук,  
профессор

Тамбовский государственный технический университет

*Приведены результаты исследований, связанные с подготовкой поверхностей титана и алюминия к диффузионной сварке, а также микроструктура полученного соединения.*

**Ключевые слова:** диффузионная сварка, титан, алюминий, микроструктура.

## DIFFUSION WELDING OF VT1-0 AND AD1 ALLOYS

**A.V. Mysina**

Scientific supervisor – **D.M. Mordasov**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

Tambov State Technical University

*The results of research related to the preparation of titanium and aluminum surfaces for diffusion welding, and also the microstructure of the resulting joint are presented.*

**Keywords:** diffusion welding, titanium, aluminum, microstructure.

Развитие отраслей машиностроения, приборостроения, химической и многих других, связано с использованием как новых материалов, так и уже известных металлов и сплавов в различном их сочетании [1, 2]. Широкое применение нашли сплавы алюминия и титана. Несмотря на то, что эти металлы относятся к легким, их плотности отличаются в 1,7 раза. В связи с этим, актуальной является задача поиска путей их совместного использования в форме неразъемных соединений. Такие конструкции наряду с низким весом будут иметь высокие показатели прочности.

Все методы получения сварных соединений, в зависимости от состояния металла в соединяемой зоне и вида энергии активации, разделяются на сварку плавлением и сварку давлением.

Согласно диаграмме состояния Ti-Al растворимость титана в жидком алюминии составляет всего 0,26-0,28 %, Al в Ti образует ограниченные обла-

сти  $\alpha$ - и  $\beta$ -растворов. В связи с этим получить соединение плавлением обеих заготовок с формированием металла сварного шва в виде твердого раствора, практически невозможно.

Кроме того, в шве всегда будут присутствовать интерметаллиды, которые сильно охрупчивают соединение: при 1255 °С образуется  $Ti_3Al$ , при 1340 °С -  $TiAl_3$ , при 1460 °С –  $TiAl$ .

Растворимость жидкого алюминия в титане достаточно высока (~26 %), однако в твердом титане обнаруживается не алюминий, а интерметаллиды, что обусловлено малой скоростью диффузии алюминия в титан в сравнении со скоростью формирования интерметаллидов.

Из методов сварки давлением перспективным является применение диффузионной сварки. Особенностью этой технологии является то, что свариваемые изделия нагреваются до температуры, не превышающей температуру их плавления, а неразъемное соединение формируется за счет взаимной диффузии металлов. Согласно литературным данным, сварка осуществляется при температуре 560-620 °С при сварочном усилии до 15 МПа в течение 10 мин [3].

Таким образом, решение задачи получения неразъемного соединения титана и алюминия возможно с применением способа диффузионной сварки.

При проведении исследований нами было изучено 2 соединения, полученных по следующим режимам:

- образец 1 – сварочное усилие 5 МПа, температура – 500 °С;
- образец 2 – сварочное усилие 5 МПа, температура – 600 °С.

Нагрев образцов, закрепленных в специальном приспособлении, осуществлялся в камерной муфельной печи СНОЛ 6/12. После достижения заданной температуры образцы выдерживались в течение 30 мин и охлаждались с печью до комнатной температуры.

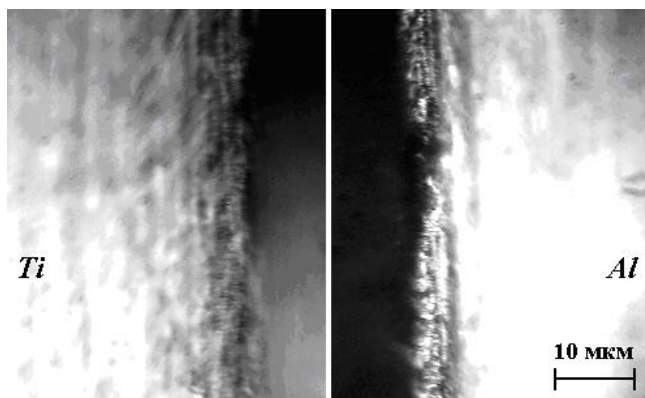
Одним из факторов, затрудняющих сварку алюминия как с применением технологий плавления, так и с помощью сварки давлением, является высокая окисляемость алюминия с формированием плотной инертной оксидной пленки  $Al_2O_3$ , которая имеет температуру плавления 2055 °С. Для активации поверхности алюминия и удаления оксидной пленки непосредственно перед сборкой деталей осуществлялась его обработка в течение 2 мин 5 % водным раствором NaOH (температура раствора 60 °С) с последующей промывкой, осветлением в 15 % водном растворе азотной кислоты, окончательной промывкой и сушкой.

Поверхность титанового образца также была подвергнута активирующей химической обработке при температуре 60 °С в течение 5 мин в растворе, содержащем NaF, HCl,  $H_2O$ , взятых в пропорции 1:7:13.

Исследование сваренных образцов показало, что режим сварки образца 1 не позволил сформировать качественное соединение. Разрушение образца произошло на этапе подготовки шлифа. При температуре 500 °С формирование сварного соединения возможно, однако для этого необходимо повышение

значения как минимум одного технологического параметра (времени или давления).

На рисунке 1 показана микроструктура околошовной зоны образца 2. Видно, что диффузия шла преимущественно в направлении от титана к алюминию.



**Рис. 1. Микроструктура сварного соединения**

Диффузионная зона имеет сложный фазовый состав (интерметаллические фазы, твердые растворы). Совокупность фаз в сформированной зоне сварного шва определяет его прочностные свойства.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Минаев А.М.* Диффузионная сварка металлов к ситаллу / А.М. Минаев, Л.Н. Тялина, В.А. Пручкин, Д.М. Мордасов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. № 3 (41). 2012. С. 342–344.
2. *Мордасов Д.М.* Физико-химические основы низкотемпературной пайки стали 12Х18Н10Т с медью / Д.М. Мордасов, Д.А. Черных, М.Д. Мордасов // IX Международная научно-техническая конференция «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование и материалы – 2018». Казань 2018. С. 344–346.
3. Диффузионная сварка металлов: справочник / В.П. Антонов, В.А. Бачин, Г.В. Зако-рин и др.; под ред. Н.Ф. Казакова. М.: Машиностроение, 1981. 271 с.

## **МАТЕРИАЛЫ, РАБОТАЮЩИЕ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ**

**Р.А. Нестеренко, А.Г. Магдин, А.Д. Припадчев, А.А. Горбунов**

Научный руководитель – **А.Г. Магдин**, канд. техн. наук,  
ст. преподаватель

Оренбургский государственный университет

*Рассматриваются хладостойкие металлические материалы, способные сопротивляться коррозии и разрушению под нагрузкой при низких и сверхнизких температурах в условиях агрессивной среды.*

**Ключевые слова:** *конструкционные стали, криогенные материалы, хладостойкие материалы, высоколегированные коррозионностойкие стали.*

## **MATERIALS OPERATING AT LOW TEMPERATURES**

**R.A. Nesterenko, A.G. Magdin, A.D. Pripadchev, A.A. Gorbunov**

Academic Supervisor - **A.G. Magdin**, Candidate of Technical  
Sciences, Senior Lecturer

Orenburg State University

*Cold-resistant metal materials that can resist corrosion and destruction and operate under load at low temperatures are considered in the article.*

**Keywords:** *structural steels, cryogenic materials, cold-resistant materials, high alloy and corrosion resistant steels.*

Проблема развития и производства материалов, способных работать при низких температурах, является актуальной в данный момент времени. Такие материалы необходимы во многих отраслях. Потребность в таких материалах возникает при производстве ледостойких буровых платформ и ледокольно-транспортного флота, плавучих атомных станций [1], в производстве космической техники, а также в холодильном машиностроении и производстве криогенной техники.

К криогенной технике относятся машины, способные поддерживать замкнутые системы при сверхнизких температурах. Такая техника очень перспективна и может быть применена во многих научных и хозяйственных отраслях. Для развития техники низких температур крайне важным является



возможность создания материалов, способных работать при очень низких температурах. Криогенная техника может использоваться при сжижении или разделении газов, для охлаждения станков или для термостатирования сверхпроводящих электротехнических приборов.

Выбирая материалы, изделия из которых будут работать при низких температурах, важно ужесточить требования по пластичности и вязкости этого материала. При этом минимальная температура, при которой будет работать материал, определяется точкой вязко-хрупкого перехода каждого конкретного материала. В этой точке вязкость материала падает до недопустимого при эксплуатации значения.

Ниже представлены четыре основные группы металлических материалов, используемых при низких температурах:

1. Различные конструкционные материалы и сплавы, способные работать под нагрузкой при температуре выше  $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ , обычно их используют в холодильном машиностроении, либо для изготовления агрегатов, эксплуатируемых в регионах планеты, расположенных близко к полюсам, где температура может опускаться до  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . К этой группе относятся качественные углеродистые и низколегированные стали ферритного и перлитного классов с ОЦК решеткой.

2. Сплавы, способные сохранять вязкость при охлаждении до  $170\text{ K}$  входят во вторую группу, к ним относят низкоуглеродистые ферритные стали с содержанием углерода около  $0,2-0,3\%$ , которые дополнительно легируют Ni, Cr, Ti, Mo.

3. Материалы, которые способны сохранять свои механические свойства при температуре до  $77\text{ K}$  (температура кипения жидкого азота), относятся к третьей группе. Среди них стали типа 12X18H10T, 0H9A, большинство сплавов на основе Al, Ti, Cu, не обнаруживающих склонности к хрупкому разрушению. Для ненагруженных конструкций с целью экономии Ni применяют Cr—Mn и Cr—Ni—Mn стали типа 10X14Г14Н4Т (ЭИ711), 03X13АГ19 (ЧС36), 07X21Г7АН5 (ЭП222).

4. Если материал способен работать при криогенных температурах (ниже  $77\text{ K}$ ), то его относят к четвертой группе. Такие материалы могут использоваться в космической технике, производстве водорода, а также при проведении различных экспериментальных исследований. Лишь высоколегированные стали способны сохранять свои механические свойства при таких низких температурах, среди них: 10X11H23T3MP (ЭП33), 03X20H16АГ6, некоторые бронзы, никелевые, алюминиевые сплавы, легированные Mg, и сплавы титана [2].

Особый интерес представляют сплавы, способные работать при температурах ниже  $77\text{ K}$  ( $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Довольно сложно обеспечить необходимый уровень вязкости и пластичности при настолько низкой температуре. Например, для изготовления сварных крупногабаритных емкостей и резервуаров, находящихся под высоким давлением при низкой температуре до  $-269\text{ }^{\circ}\text{C}$ , исполь-

зается сталь марки 03X20H16AG6, закаливаемая при температуре 1000 °С, выплавляют в электродуговых печах, а ее сварка может осуществляться без подогрева и без последующей термообработки. В таблице 1 приведены механические свойства этой марки стали при криогенных температурах.

**Таблица 1. Механические свойства стали 03X20H16AG6 при криогенных температурах [3]**

$t_{\text{исп}}, ^\circ\text{C}$	$\sigma_{\text{в}}, \text{Н/мм}^2$	$\sigma_{0,2}, \text{Н/мм}^2$	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>
-196	1550	900	48	44	120	-
-253	1930	1360	31	27	100	80
-269	1500	1000	21	21	80	-

Обозначения:  
 $t_{\text{исп}}$  – температура использования, °С;  
 $\sigma_{\text{в}}$  – предел кратковременной прочности, Н/мм<sup>2</sup>;  
 $\sigma_{0,2}$  – условный предел текучести, Н/мм<sup>2</sup>;  
 $\delta_5$  – относительное удлинение при разрыве, %;  
 $\psi$  – относительное сужение, %;  
КСУ – ударная вязкость при надрезе с закруглением, Дж/см<sup>2</sup>;  
КСУ – ударная вязкость при остром надрезе, Дж/см<sup>2</sup>.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Орыщенко, А.С.* Современные конструкционные стали для арктики / А.С. Орыщенко, В.А. Малышевский, Е.И. Хлусова // Судостроение. 2013. № 3 (808). URL: [https://www.elibrary.ru/download/elibrary\\_19100632\\_45745065.pdf](https://www.elibrary.ru/download/elibrary_19100632_45745065.pdf) (дата обращения: 14.03.2021).
2. *Солнцев, Ю.П.* Материаловедение: Учебник для вузов. Изд. 4-е, перераб. и доп. [Электронный ресурс] / Ю.П. Солнцев, Е.И. Пряхин. СПб.: Химиздат, 2007.
3. *Драгунов, Ю.Г.* Марочник сталей и сплавов. 4-е изд., переработ. и доп. / Ю.Г. Драгунов, А.С. Зубченко, Ю.В. Кашировский; М. 2014.

## **ВАКУУМНАЯ МЕТАЛЛИЗАЦИЯ ПЛАСТМАССОВЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**В.А. Новикова, В.А. Алов**

Научный руководитель – **В.А. Алов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Проведен анализ применяемых в настоящее время способов металлизации пластмасс. Приведены наиболее эффективные способы металлизации.*

**Ключевые слова:** *пластмассы, металлизация в вакууме, эксплуатационные свойства.*

## **VACUUM METALLIZATION OF PLASTIC ELEMENTS**

**V.A. Novikova, V.A. Alov**

Scientific Supervisor - **V.A. Alov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The analysis of the currently used methods of metallization of plastics is carried out. The most effective methods of metallization are given.*

**Key words:** *plastics, metallization in vacuum, operational properties.*

Пластмассы являются непроводящим полимерным материалом, которые подвергаются металлизации наряду с такими материалами, как стекла, керамика, природные материалы и другие. Применение такого рода материала обусловлено в первую очередь минимальной трудоемкостью создания изделий из него различной степени сложности конфигурации. Металлизация представляет собой процесс, в результате которого кардинально изменяются функциональные и декоративные свойства изделия.

Металлизируемая пластмасса, в свою очередь, нашла большое применение не только в быту, но и в промышленности, в силу приобретенных комбинированных свойств. Но процесс металлизации требует некоторого удешевления, поскольку в настоящее время стоимость исходного полимера составляет только 20-30 % от стоимости металлизированного изделия.

В настоящее время в промышленности наиболее часто применяют способы металлизации: напыление жидкого металла, вакуумное напыление, химико-электролитическая металлизация (ХЭМ).

Одной из наиболее популярных технологий нанесения пленок и покрытий металлов и сплавов на полимерные материалы в современной промышленности является вакуумная технология.

Целью способа металлизации поверхности полимерных материалов в вакууме является повышение адгезии покрытия.

В основе метода вакуумной металлизации полимерных материалов лежит принцип нанесения поверхностного слоя при помощи импульсных потоков электроэрозионной плазмы [1]. Технология процесса вакуумной металлизации начинается с предварительного обезжиривания поверхности изделия, после чего помещается в камеру, в которой создается вакуум  $1,3 \cdot 10^{-3} - 6,6 \cdot 10^{-4}$  Па. Затем при помощи ускорителя с катодом из графита создается импульсный плазменный поток углерода, направленный к изделию, и осуществляется его конденсация на поверхность изделия – промежуточный слой углерода. Когда он достигает необходимой толщины, ускоритель отключается и включается ускоритель с катодом, содержащим компоненты покрытия.

Нанесенная в качестве промежуточного слоя углеродная пленка из низкотемпературной плазмы обладает высокой адгезией к поверхности полимерного материала. Осаждение такого промежуточного слоя образуется тонкий диффузионный слой углерод-металл-покрытия, который в совокупности с присутствующими химическими связями способствует высокой адгезии покрытия в углеродной пленке. В результате сопряжения атомных структур промежуточного слоя и покрытия образуется в целом прочной коррозионной покрытие. При этом изделие сохраняет или увеличивает свои прежние механические и иные свойства. Таким образом, пленка углерода, которая, по сравнению с медью, используемой в качестве промежуточного слоя в известном способе, может применяться для более широкого ассортимента пластмасс.

Еще одно немало важное свойство углеродной пленки – инертность к металлическому покрытию и одновременно устойчивость перед химическими реакциями между газовыми примесями полимеров и металлом покрытия. В сумме эти свойства придают покрытию улучшенные эксплуатационные качества.

Толщина и скорость осаждения углеродной пленки определяет ее качество и эффект воздействия на поверхностные слои полимера, задается частотой следования импульсов. В процессе металлизации эти два параметра строго контролируются, поскольку от них напрямую зависят конечные свойства. Толщина покрытий должна быть в пределах 5-250 нм, поскольку именно при таких толщинах не наблюдается таких дефектов, как появление трещин в углеродной пленке, нарушение ее целостности, проявляется сморщивание ряда пленочных полимерных материалов. Нижний предел скорости осаждения составляет 2 нм/мин. Его выбор обуславливается преимущественно приемлемой

для практического использования производительностью процесса и возможностью попадания в пленку инородных включений из остаточного вакуума в камере. Выбор верхнего предела (20 нм/мин) в свою очередь обусловлен тепловыми процессами на поверхности изделия, выше которого может происходить нагрев поверхности [2].

Описанный способ металлизации принципиально отличен тем, что с целью повышения адгезии покрытия, в качестве промежуточного слоя наносят пленку углерода с указанными выше параметрами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент РФ № 1552676. Способ металлизации поверхности полимерных материалов в вакууме / А.В. Сташевский, И.А. Капустин, Э.И. Точицкий. Опубл. 1994.
2. *Шалкаускас, М.И.* Металлизация пластмасс. М.: Знание, 1983. 63 с.

## МАТЕРИАЛЫ В МЕДИЦИНЕ

**Л.М. Петровых, Т.Д. Стоянова**

Научный руководитель – **Т.Н. Стоянова**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается использование различных материалов в медико-биологических сферах. Их свойства и состав, необходимые для изготовления хирургических инструментов, шовного материала и протезов.*

**Ключевые слова:** биоинженерия, стали, свойства, требования.

## MATERIALS IN MEDICINE

**L.M. Petrovyh, T.D. Stoyanova**

Scientific Supervisor - **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The use of various materials in the medical and biological fields is considered. Their properties and composition, necessary for the manufacture of surgical instruments, suture material and prostheses.*

**Key words:** bioengineering, steels, properties, requirements.

### *Введение*

Использование и продвижение новых материалов в медицине имеет ряд особенностей. В связи с этим знания по сравнительному анализу свойств металлов и сплавов, используемых в медицине и медицинском приборостроении, являются актуальными.

Применение металлических материалов в медицине известно уже давно. Высокой конкурентной способностью в этой сфере до сих пор владели легированные стали по причине их довольно низкой себестоимости. Кроме железа и углерода (<0.3 %) в их состав входит никель (10-15 %), хром (8-21 %) и молибден (2-4 %).

Титан получил более широкое распространение вследствие того, что имеет высокие механические свойства и малый удельный вес, а так же высокую коррозионную стойкость.

В 1970-х годах произошло открытие, и затем широкое внедрение в практику новых биоадаптивных материалов с мартенситными превращениями и программируемым формоизменением – сверхэластичных сплавов с памятью формы. Среди них все испытания выдержали биоинертные сплавы на основе никелида титана NiTi.

### *Хирургический инструментарий*

Набор различных хирургических инструментов весьма разнообразен: зондирующие и оттесняющие, стержневые стоматологические, микроинструменты, режущие инструменты и т.д.

Основными требованиями к ним можно считать повышенную коррозионную стойкость, высокие значения пределов текучести и прочности, возможность формирования и сохранения тончайших рабочих частей. Для их изготовления применяют высоколегированные коррозионно-стойкие мартенситно-старееющие стали. В ряде случаев используют так же коррозионно-стойкие стали мартенситного класса и аустенитного класса, пружинную проволоку I-III классов из углеродистых сталей. Мартенситный класс марки 20X13, мартенситно-ферритного класса – 12X13, латуни с покрытием из хрома и никеля. Стали применяются в закаленном состоянии.

### *Шовный материал*

Хирургические нити - важный элемент медицины, от их качества зависит скорость заживления раны и, как следствие, выздоровление пациента. Существует несколько основных материалов для изготовления нитей.

Шелк - натуральный шовный материалы, обладающий высокой прочностью, мягкостью и пластичностью. Но часто приводит к воспалительным реакциям, нагноениями и образованию микробов в ране. Рассасывается в организме от полугода до года.

Капрон или полиамиды - один из первых синтетических материалов. Вызывает воспаления все время, пока нить находится в организме человека. Чаще используются для сшивания сосудов, сухожилий, бронхов и органов зрения. Рассасываются в организме в течение 2-5 лет.

Полиуретаны - гибкие, пластичные и мягкие мононити, не вызывающие воспаления в тканях, не режут рану, способны растягиваться и возвращаться в исходное состояние после спадания отека. Применяется в общей, сосудистой, пластической хирургии, гинекологии и травматологии. Рассасывается в тканях через 5 - 8 лет.

Полипропилен – мононити, не вызывающие реакцию организма. Применяются в инфицированных тканях, не приводят к образованию рубца и свищей. Но обладают плохими манипуляционными свойствами и требуют большого количества узлов.

Полиэстер - плетеные нити, вызывающие слабую реакцию организма. Имеют очень высокую прочность.

Сталь, титан - нити из металла. Могут быть как плетеными, так и в форме мононити. Используются в травматологии, ортопедии и общей хирургии.

### *Эндопротезы*

Основными требованиями к материалам для производства хирургических имплантатов являются: в первую очередь большая усталостная прочность; однофазная стабильная структура; высокая биологическая совместимость материала имплантата и тканей организма. Для хирургических имплантатов применяют хромоникелевые и хромоникельмолибденовые коррозионно-стойкие стали, сплавы кобальта, тантала, титана, чистые металлы - никель, серебро, титан. Они фиксируются к кости при помощи специального цемента, представляющего собой смесь акриловой смолы и сплавов кобальта или хрома. Для изготовления скользящих частей, например, головки бедренной или плечевой кости, используют сплавы титана. А для изготовления поверхностей скольжения применяют сверхпрочный полиэтилен и алюмооксидную керамику. Использование современных силиконов, экологически чистых материалов, сверхлегких и прочных сплавов, углеволоконных композиционных материалов и интеллектуальной электроники, позволяют решать сложные практические задачи, необходимые для повседневной помощи пользователям протезов.

### *Вывод*

На сегодняшний день биоинженерия – это наука, неоспоримо нужная человечеству. Материаловедение, позволяет не только добиться нужных технологических свойств материала изделия, но и свойств, необходимых в медицине, таких как возможность восприятия их организмом, коррозионная стойкость и т.д. Учитывается ещё большее множество разнообразных факторов, от которых может зависеть здоровье человека.

В данной работе приведена только часть примеров использования материалов в медицине, а ведь есть еще масса других примеров: стоматология, офтальмологические операции на хрусталик, ортезирование, шунтирование и т.д. В частности, сейчас начинается широкое использование 3d печати для медицинских целей, и здесь тоже нужна помощь специалистов.



Медицина – одна из фундаментальных основ современной жизни, и здесь, как и везде необходимы знания о материалах и их свойствах, поэтому биоинженерия является быстро развивающейся и перспективной наукой, необходимой людям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сабитов В.Х.* Машиностроительные материалы. - Медицина, 1985. С. 11; 23-25.
2. Фармация\_33.05.01 (специалитет), 3 курс, УЭФ: лекция Изделия медицинского назначения - шовный материал.
3. *Муслов С.А.* Упругие свойства металлов хирургических инструментов // Современные наукоемкие технологии. 2007. № 8. С. 62-64.

## **АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ВАЛИКА ВОДЯНОГО НАСОСА ДВС**

**А.Н. Порошина, В.А. Иванова**

Научный руководитель – **В.А. Иванова**, д-р техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются материалы для изготовления валика водяного насоса ДВС. Построена типовая схема указанной детали.*

**Ключевые слова:** валик водяного насоса ДВС, схема, сталь, свойства.

## **ANALYSIS OF MATERIALS FOR MANUFACTURING THE WATER PUMP ROLLER OF ICE**

**A.N. Poroshina, V.A. Ivanova**

Scientific Supervisor - **V.A. Ivanova**, Doctor of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses materials for the manufacture of an internal combustion engine water pump roller. A typical diagram of the specified part has been built.*

**Keywords:** roller of the ICE water pump, diagram, steel, properties.

Валик водяного насоса представляет собой тело вращения, схема которого изображена на рисунке 1. Эта деталь передает вращение от вала вентилятора к крыльчатке, которая перегоняет охлаждающую жидкость в системе охлаждения ДВС [1].

В процессе эксплуатации водяного насоса ДВС на валик- базовую деталь действуют радиальные нагрузки (статические и динамические), а также множество неблагоприятных факторов таких, как:

1. Повышенная влажность и температура.
2. Агрессивная среда, вызывающая ускоренную коррозию.
3. Абразивные частицы (накипь, шлам, песчинки и т.д.), взвешенные в охлаждающей жидкости.
4. Быстрые потоки охлаждающей жидкости.

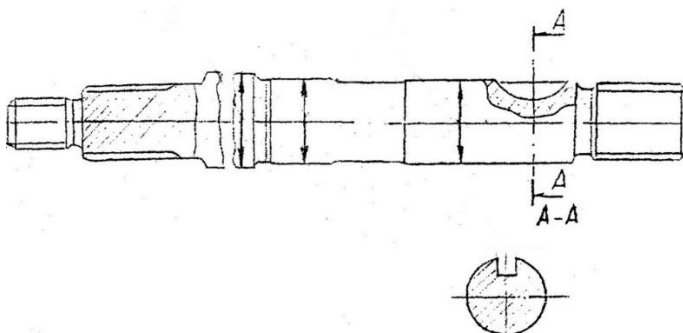


Рис. 1. Схема валика водяного насоса ДВС

Все вышеперечисленные факторы приводят к износу (абразивному, гидро-эрозийному, кавитационному) поверхностей. Следствием кавитационного износа является образование раковин и глубоких каверн.

Валик испытывает напряжения, носящие скручивающий характер, именно поэтому его должны изготавливать из материалов, обеспечивающих достаточную прочность и жесткость детали. Также требуемая степень жесткости валиков может достигаться комбинацией диаметров валика и конструкцией корпуса [2].

Для изготовления валиков используют качественные конструкционные стали, например - сталь марки 45, химический состав и механические свойства которой соответствуют ГОСТ 1050-2013 и приведены в таблицах 1 и 2 соответственно. Аналогами данной марки являются стали марок 40,40X и 50, их состав и механические свойства отображены в вышеуказанном ГОСТе [3].

Таблица 1. Химический состав стали марки 45, %

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni	Cu
			Не более				
0,42-0,50	0,17-0,37	0,50-0,80	0,030	0,035	0,25	0,30	0,30

Таблица 2. Механические свойства стали марки 45

$\sigma_T$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\sigma_B$ , Н/мм <sup>2</sup>	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %
355	600	16	40

Зафиксированные на валике втулки должны быть изготовлены из коррозионно- и эрозийно-стойкого материала для обеспечения их износостойкости. Нужно отметить, что если валики изготавливаются из материала, имеющего равную износо- и коррозионностойкость и аналогичные финишные параметры, что и втулки для многоступенчатых и небольших горизонталь-

ных насосов, то при согласовании с потребителем втулки могут быть исключены. Если втулки не входят в конструкцию насоса, то валы или выступы валов должны иметь центровые отверстия, позволяющие повторную финишную обработку.

Для устранения протечек, возможно возникающих в процессе работы насоса, на валике устанавливают уплотнения, которые подразделяются на: сальниковые, торцевые и манжеты. Наиболее простым и доступным, менее дорогостоящим типом уплотнения является сальниковое, но данный тип не способен обеспечить необходимую герметичность. В свою очередь торцевое уплотнение не допускает протечек и имеет большой срок службы [4].

Проанализировав стоимость вышеуказанных марок стали, следует отметить, что наиболее экономически выгодно изготавливать валик из стали марки 45, так как механические характеристики данных марок идентичны, а цена – заметно отличается.

Вывод: таким образом, выбор материала для валика водяного насоса ДВС должен основываться на соответствии механических характеристик заданным условиям эксплуатации для минимизации износа детали и анализе стоимости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Иванов М.Н.* Детали машин: учебник для студ. вузов / Под редакцией В.А. Финогенова. 6-е изд. перераб. М. :Высш. шк., 2000. 383 с.
2. ГОСТ Р 54806-2011. Насосы центробежные. Технические требования. Класс I.
3. ГОСТ 1050-2013. Металлопродукция из нелегированных конструкционных качественных и специальных сталей. Общие технические условия.
4. Вал насоса. URL: <https://www.nektonnasos.ru/article/ustrojstvo/val-nasosa/> (дата обращения: 13.03.2021).

## МЕТОД УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТА ОТПУСКА ЗАКАЛЕННОГО СЛОЯ НА БОКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ ЗУБА ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА ПРИ ЗАКАЛКЕ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

**А.В. Смирнова, М.С. Тюник, Т.Д. Стоянова**

Научный руководитель - **Т.Д. Стоянова**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается случай возникновения дефекта отпуска закаленного слоя зубчатого колеса электровоза. Предлагается способ устранения данного дефекта.*

**Ключевые слова:** закалка деталей токами высокой частоты, зубчатое колесо, закалённый слой, индуктор, отпуск закаленного слоя.

## REMEDY METHOD OF DEFECT OF THE TEMPERING OF THE HARDENED LAYER ON THE SIDE SURFACE OF THE TOOTH OF THE TOOTH WHEEL WHEN HARDENING BY HIGH FREQUENCY CURRENTS

**A.V. Smirnova, M.S. Tyunik, T.D. Stoyanova**

Scientific Supervisor - **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The case of a defect in the tempering of the hardened layer of a gear wheel of an electric locomotive is considered. A method for eliminating this defect is proposed.*

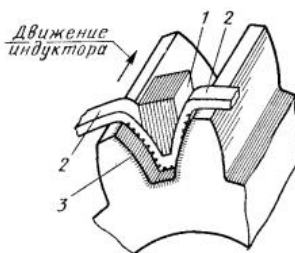
**Keywords:** hardening of parts by high-frequency currents, gear wheel, hardened layer, inductor, tempering of the hardened layer.

Поверхностная закалка токами высокой частоты (ТВЧ) – это метод поверхностной термической обработки, заключающийся в индукционном нагреве до высокой температуры, выдержке при ней и быстром охлаждении.

Высокочастотную закалку используют, так как она имеет высокую производительность и автоматизированность. Важным преимуществом высокочастотной закалки является то, что изменение объема, связанное со структурными превращениями, а значит и изменение размеров обрабатываемой детали, могут быть более или менее точно учтены. Главный же ее недостаток – трудность изготовления индуктора.

Нагревание при закалке ТВЧ производят с помощью специальной индукционной установки, которая представляет собой высокочастотный генератор и индуктор для закалки ТВЧ. Индуктор изготовлен в виде катушки, на которой навита медная трубка. При прохождении переменного тока через индуктор в нем появляется переменное электромагнитное поле, проходящее через деталь. Это электромагнитное поле вызывает возникновение в заготовке вихревых токов, известных как токи Фуко. Такие вихревые токи, проходя в слоях металла, нагревают его до высокой температуры.

Крупногабаритные зубчатые колеса на одном из электровозоремонтных предприятий закаливают методом «по впадине». Метод «по впадине» представлен на рисунке 1.



**Рис. 1. Схема позубной закалки зубчатых колес методом "по впадине" :**  
1 - магнитопровод; 2 - индуктирующий провод; 3 - нагретый слой

Подготовка детали к закалке ТВЧ проходит так: устанавливают деталь в приспособление на столе установки; выставляют деталь по наружному диаметру (биение не более 0,15 мм); вводят индуктор во впадину между зубьями и устанавливают зазоры между индуктором и поверхностью зуба; определяют неизменность зазоров по высоте зуба перемещением платформы вверх-вниз; регулируют направление струй воды на охлаждение детали в боковых спреях подструивания.

Происходит нагрев до температуры (850-900)°С. После закалки проводят отпуск. Интервал между окончанием закалки и зубьев ТВЧ и началом отпуска не превышает 30 минут. Загружают деталь в разогретую до температуры (200-210)°С печь и выдерживают не менее 4 часов при  $t = (200-210)^\circ\text{C}$ . Выгружают из печи и охлаждают на воздухе.

Производят контроль закаленного зубчатого колеса путем замера твердости после отпуска, а также замера глубины закаленного слоя.

Твердость упрочненного слоя проверяют на одном из зубьев шестерни или колеса на торцевой поверхности с предварительной зачисткой до чистого металла. Измерение твердости по Роквеллу проводят по шкале С по ГОСТ 9013. Закаленный слой должен соответствовать требованиям ГОСТа 30803-

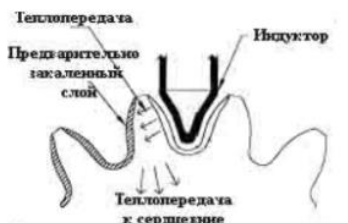
2014. Твердость закаленного слоя зубчатого колеса должна находиться в пределах 48-54 HRC. А по ГОСТу 30803-2014 толщина упрочненного слоя в зависимости от модуля зубчатого колеса  $m$ , мм: для  $m=6...7$  — толщина упрочненного слоя  $2\pm 0,5$ ; для  $m=8...9$  —  $3\pm 0,5$ ; для  $m=10...12$  — толщина упрочненного слоя  $4\pm 1$ . Во впадинах любого нормального модуля зуба толщина упрочненного слоя должна быть не менее 1,5 мм.

При проведении контроля на предприятии был обнаружен дефект отпуска закаленного слоя на боковой поверхности зуба. Этот дефект возникает во время поверхностной закалки, когда уже закаленные боковые поверхности, расположенные друг против друга, вновь нагреваются. Твердость в данном случае закаленного участка зубчатого колеса понижена на 7 единиц. Этот дефект зубчатого колеса представлен на рисунке 2.



**Рис. 2. Дефект отпуска закаленного слоя**

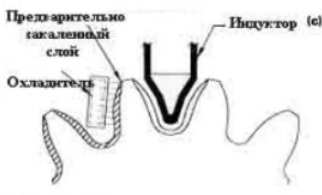
В данном случае произошел нежелательный нагрев, что было связано с тем, что головка зуба относительно мала, а канал передачи тепла является довольно коротким, что способствует интенсивной передаче тепла по направлению к уже закаленной поверхности, то есть происходит нежелательный нагрев соседнего зуба из-за относительно малой массы металла. Процесс теплопередачи представлен на рисунке 3.



**Рис. 3. Процесс теплопередачи к середине**

В результате происходит снижение усталостной прочности поверхности зуба, что приводит к выкрашиванию поверхности зубчатого колеса при его эксплуатации.

Для решения проблемы возникновения дефекта отпуска закаленного слоя зуба зубчатого колеса предлагается в установку закалки ТВЧ с противоположной стороны зуба установить дополнительное устройство для охлаждения. Дополнительный охладитель предохраняет уже закаленные поверхности, в то время как происходит нагрев еще не закаленных поверхностей. Установка дополнительного охладителя представлена на рисунке 4.



**Рис. 4. Установка дополнительного охладителя**

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Башнин Ю.А. Технология термической обработки / Ю.А Башнин, Б.К. Ушаков, А.Г. Секей. М.: Металлургия, 1986. 424 с.
2. Rudnev V. Steel Heat Treatment / V. Rudnev, R. Cook, D. Loveless, M. Black. New York: CRC Press, 2006. 118 p.
3. ГОСТ 9013-59 (ИСО 6508-86) Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
4. ГОСТ 30803-2014 Колеса зубчатые тяговых передач тягового подвижного состава. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2019.



## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИНЫ РАЗРУШЕНИЯ ЗУБЧАТОГО КОЛЕСА ЭЛЕКТРОВОЗА В ПРОЦЕССЕ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**М.С. Тюник, А.В. Смирнова, Т.Д. Стоянова**

Научный руководитель - **Т.Д. Стоянова**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается случай разрушения зубчатого колеса электровоза. На основании полученных данных исследуются причины разрушения зубчатого колеса электровоза в процессе эксплуатации.*

***Ключевые слова:** закалка сталей токами высокой частоты, зубчатое колесо, микроструктура, закалённый слой, мелкоигльчатый троостомартенсит.*

## **INVESTIGATION OF THE CAUSE OF DESTRUCTION OF THE GEAR WHEEL OF AN ELECTRIC LOCOMOTIVE DURING ITS OPERATION**

**M.S. Tyunik, A.V. Smirnova, T.D. Stoyanova**

Scientific Supervisor - **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The case of destruction of the gear wheel of an electric locomotive is considered. On the basis of the obtained data, the reasons for the destruction of the gear wheel of an electric locomotive during operation are investigated.*

***Keywords:** quenching of steels by high-frequency currents, gear wheel, microstructure, quenched layer, fine-needle troostomartensite.*

Нагрев токами высокой частоты широко используется при различных видах термообработки. Использование закалки ТВЧ является одним из самых распространенных методов поверхностной термообработки. Этот метод позволяет повысить твердость поверхностного слоя деталей. Закалка ТВЧ применяется как для деталей из углеродистых и конструкционных сталей, так и для чугунов.

Кроме того, что закалка ТВЧ является наиболее экономичным и технологичным способом поверхностного упрочнения, она ещё даёт возможность

закалить как всю поверхность детали, так и отдельные её элементы или зоны, испытывающие основные нагрузки.

В итоге закалки твёрдость рабочей поверхности детали повышается, а под закаленной твердой наружной поверхностью детали остаются слои металла, обладающие высокой вязкостью. При такой структуре хрупкость уменьшается, стойкость и надежность всего изделия повышается, снижаются энергозатраты, так как нет необходимости прогревать деталь на всю глубину [1].

Для правильного прохождения процесса закалки решающим является правильный выбор температурного режима, который зависит от используемого материала.

Дозвтектоидные стали нагревают немного выше температуры фазового превращения перлита и феррита в аустенит. Это происходит в интервале от 800 °С до 850 °С. Затем заготовку быстро охлаждают. При резком остывании аустенит превращается в мартенсит, который обладает высокой твердостью и прочностью. Высокая скорость охлаждения способствует получению структуры мелкозернистого аустенита и мелкоиглочатого мартенсита. За короткое время охлаждения зёрна не успевают вырасти и остаются мелкими.

Рассматривается случай разрушения зубчатого колеса электровоза. При визуальном осмотре констатировано: разрушение зубчатого колеса произошло по междузубенному пространству (в пространстве между зубьями). Излом усталостный. Очаг излома находится в пространстве на поверхности впадины между зубьями вблизи торцевой поверхности.

Усталостный излом зубчатого колеса представлен на рисунке 1.



**Рис. 1. Усталостный излом зубчатого колеса**

В процессе работы зубчатое колесо испытывает статические, динамические, знакопеременные и вибрационные нагрузки величиной до 930 Н. Поверхность в пространстве между зубьями испытывает циклические растягивающие и сжимающие нагрузки.

Для исследования, из фрагмента зубчатого колеса изготовлен поперечный шлиф в зоне, близкой к излому, с выходом на поверхность между

зубьями. Исследование шлифа проводилось на металлографическом оборудовании.

Замеры твердости методом Роквелла проводились на твердомере ТК14-250 по ГОСТ 9013-59 [2].

Замеры твердости методом Бринелля проводились на твердомере ТШ-2 по ГОСТ 9012-59 [3].

Требования к контуру слоя, к микроструктуре и к твердости представлены в ГОСТ 30803-2014 [4].

Шкалы микроструктур для зубчатых колес тяговых передач тягового подвижного состава представлены в ГОСТ 33189-2014 [5].

Требования к упрочненному слою закалкой ТВЧ зубьев колес:

На активной поверхности зуба толщина упрочненного слоя в зависимости от модуля зуба должна составлять от 1,5 мм до 5,0 мм. Во впадинах любого нормального модуля зуба толщина упрочненного слоя должна быть не менее 1,5 мм. В случае завышения или занижения толщины слоя, деталь считается бракованной.

Твердость упрочненного слоя зубчатого колеса 48-54 HRC. При этом под упрочненным слоем твердость основного металла составляет от 255 НВ до 302 НВ.

Как правило, проверка микроструктуры упрочненного слоя зуба проводится на поперечном темплете, который состоит из двух или трех зубьев. Обычно используется увеличение до 500 раз. А проверка микроструктуры сердцевины зуба - при увеличении 100 раз. Оценка производится путем сопоставления полученных снимков с эталонами.

В оптимальном варианте микроструктура упрочненного слоя должна состоять из зернистого или мелкоигольчатого троостомартенсита. Крупноигольчатая структура и наличие в структуре феррита не допускаются.

Для соответствия оптимальным показателям вязкости сердцевина зуба должна иметь сорбито-ферритную структуру. Степень дисперсности, должна соответствовать величине зерна не менее № 5 шкалы 1 ГОСТ 5639-82 согласно эталонам 4 и 5. Не допускаются крупнозернистая структура и игольчатые выделения феррита - структура Видманштетта.

Результаты исследования:

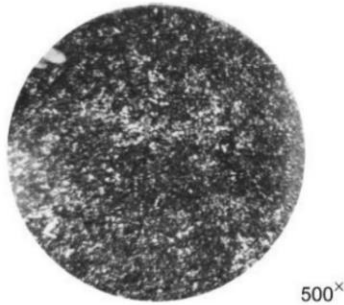
Твердость закаленного слоя у поверхности зуба 51-52 HRC.

Твердость закаленного слоя у поверхности в пространстве между зубьями 45-47 HRC.

Толщина на поверхности зубьев 2,5 мм.

Толщина слоя в междузубельном пространстве 1,5 мм.

Микроструктура у поверхности зубьев – мелкоигольчатый троостомартенсит, но в пространстве между зубьев структура соответствует эталону № 3 (Троостомартенсит и феррит. Структура неудовлетворительная). Эталон для оценки микроструктуры упрочненного слоя представлен на рисунке 2.



**Рис. 2. Эталон для оценки микроструктуры упрочненного слоя**

Присутствие феррита в закалённом слое зубчатого колеса между-зубельного пространства недопустимо по следующим причинам: ферритная фаза имеет низкую твёрдость (80-90 НВ), что снижает усталостную прочность в поверхности пространства между зубьями. Это явилось причиной разрушения данного зубчатого колеса. Мелкие включения этой фазы снижают усталостную прочность.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Лахтин Ю.М.* Материаловедение: Учебник для машиностроительных вузов / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. 1980. 493 с.
2. ГОСТ 9013-59 (ИСО 6508-86) Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу. М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.
3. ГОСТ 9012-59 (ИСО 410-82, ИСО 6506-81) Металлы. Метод измерения твердости по Бринеллю. М.: Стандартиформ, 2007.
4. ГОСТ 30803-2014 Колеса зубчатые тяговых передач тягового подвижного состава. Технические условия. М.: Стандартиформ, 2019.
5. ГОСТ 33189-2014 Колеса зубчатые тяговых передач тягового подвижного состава. Шкалы эталонов макро- и микроструктур. М.: Стандартиформ, 2016.

## **ПЕРСПЕКТИВЫ 3-D ПЕЧАТИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ КУПОЛЬНЫХ СТРУКТУР ИЗ ГЛИНОБЕТОНА**

**М.С. Тюник, Т.Д. Стоянова**

Научный руководитель - **Т.Д. Стоянова**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются основные перспективы 3-D печати крупногабаритных купольных структур из модифицированного глинобетонного раствора. Оцениваются преимущества и недостатки глинобетона и глинобетонных домов.*

**Ключевые слова:** глинобетон, купол, купольные конструкции, аддитивные технологии, 3-D печать купольных структур, многопустотные контуры, архитектурная модель.

## **PROSPECTS FOR 3-D PRINTING OF LARGE-SIZED DOME STRUCTURES FROM CLAY CONCRETE**

**M.S. Tyunik, T.D. Stoyanova**

Scientific Supervisor - **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The main prospects of 3-D printing of large-sized domed structures made of modified clay-concrete mortar are considered. The advantages and disadvantages of clay concrete and clay concrete houses are evaluated.*

**Keywords:** clay concrete, dome, dome structures, additive technologies, 3-D printing of dome structures, hollow outlines, architectural model.

Обеспечение граждан доступным и достойным жильём существует в любой стране и является одной из важнейших задач социально-экономической политики. Практический опыт разных стран показывает, что ни одно государство не в состоянии самостоятельно обеспечить жильём всех граждан. Ни в одной стране жилищный вопрос не решён окончательно. По-прежнему существует дефицит жилья, жилищный рынок развит слабо или не сбалансирован, жильё часто предлагается в ограниченном ассортименте или по труднодоступным ценам.

Население Земли на январь 2021 года составляет более 7,8 миллиарда человек и неуклонно растёт. По данным ООН на сегодняшний день более 20 % населения Земли проживают в жилье из самана или глинобетона.

Строительство надёжного жилища для человека, которое может защитить его от непогоды и быть достаточно комфортным, всегда было и остаётся трудоёмким и затратным процессом. Очень часто актуальным аспектом строительства становится и скорость процесса. Особенно важна она при экстренном возведении новых убежищ в районах стихийных бедствий, где строительные материалы зачастую сильно ограничены, а их доставка затруднена.

Потребность решения вопроса недостатка доступного жилья в условиях стремительного увеличения численности населения земного шара вынуждает исследовать некоторые интересные и даже экзотические направления в строительной индустрии и искать нестандартные ответы на остро стоящие проблемы. Ярким примером таких нестандартных решений является применение купольных конструкций в строительстве жилых и нежилых сооружений. Ещё с глубокой древности человек строил жильё в виде куполов. Прототипы древних жилищ, создаваемых в форме полусферы, могут служить тому примером: иглу, вигвамы, а также и сохранившиеся до наших дней купольные сооружения в Европе. Для всех религий, культов, конфессий характерно использование купола в качестве элементов или основы для храмовых сооружений. Вся история применения купольных конструкций в строительстве - история нестандартной мысли и новаторских идей. Создавая купольные дома, нужно использовать мировой опыт предыдущих столетий и собственные уникальные разработки.

Купольные конструкции используются для перекрытий круглых, многоугольных, эллиптических в плане помещений и позволяют перекрывать значительные пространства без дополнительных промежуточных опор. От вертикальной нагрузки в купольных конструкциях возникают преимущественно усилия сжатия. Из всех природных форм сфера наиболее энергоэффективная форма. Купольный дом имеет на 30 % меньше площади поверхности, чем обычный прямоугольный. Количество строительных материалов для купольного дома на  $\frac{1}{3}$  меньше в сравнении с прямоугольным домом. Купольный дом обладает высокой сейсмоустойчивостью, и разрушение даже 35 % элементов конструкции не приводит к ее обрушению. Площадь внешней поверхности купола меньше при одинаковой с «прямоугольным» строением полезной площади. Меньше рассеивается тепла зимой. Меньше тепла поглощается летом. Соответственно снижаются (до 30 %) расходы на обогрев и кондиционирование.

Если объединить преимущества старых, проверенных тысячелетиями технологий строительства жилья из различных глинобетонных с преимуществами ультрасовременных технологий 3-D печати и применить накопленный человечеством опыт купольного строительства, то решение данной проблемы не просто упрощается, но уже и не кажется делом далёкого будущего. Глинобетон - композитный материал, состоящий из глинистого грунта, воды, песка,

соломы и (или) других волокнистых растительных материалов. По своей структуре глинобетон относится к классу волокнистых композитов. Во многих странах мира ведутся разработки своих вариантов гигантских 3D-принтеров, способных к серийному производству жилищ из глинобетона. Для приготовления глинобетона можно и нужно использовать местные материалы, более того, глинистый грунт можно бесплатно брать прямо из котлованов или траншей под фундамент здания, таким образом сводя к нулю затраты на транспортировку строительного материала. Другие составляющие глинобетона, экологически чистые природные материалы (глину, мел, известь, солому и другие наполнители, и модификаторы) тоже желательно использовать местные, что также будет способствовать снижению себестоимости квадратного метра жилья.

Используя технологию 3-D печати купольных домов из глинобетона можно получить все эти преимущества в большем масштабе, обеспечивая возможность быстрого возведения домов ультра-эконом-класса не только в развивающихся регионах, где традиционные формы строительства не могли бы быть возможными, но и в любом другом регионе.

На сегодняшний день современные строительные 3-D принтеры выдавливают строительный раствор глинобетона через сопла и способны к «печати» купольных структур в 3 метра высотой. Идея сводится к тому, что постройка может быть осуществлена прямо на месте, используя материалы, найденные прямо на территории при их нулевой стоимости.

Разрабатываются 3-D принтеры, которые могут быть собраны двумя инженерами прямо на стройплощадке всего за два часа. Эти 3-D принтеры смогут работать с различными по составу глинобетонами.

Для уменьшения веса сооружений при сохранении достаточно большой толщины стен нужно проектировать сложные многупустотные контуры внутри стен. Такой подход позволит улучшить показатели теплосбережения, теплоизоляции и естественной вентиляции. Сочетание аддитивных технологий и натуральных материалов делает глинобетонный дом новой, современной архитектурной моделью.

Дома из глинобетона не являются строительным новшеством, и имеют отношение к популярному сегодня движению за сохранение окружающей среды и окружению себя только чистыми и безопасными материалами. Новшеством является именно 3-D печать купольных домов из глинобетона. В сравнении с другими строительными материалами, применяемыми для строительства куполов: (кирпич, бетон, древесина) глинобетон обладает целым рядом неоспоримых преимуществ: абсолютная экологичность (по экологичности с глинобетоном может конкурировать только древесина, но она проигрывает по пожаробезопасности), огнестойкость (глина сама не горит и не даёт гореть волокнистым наполнителям), пожаробезопасность, экономичность, долговечность, звукоизоляция и неповторимый микроклимат в помещении. К недостаткам глинобетона можно отнести низкую влагостойкость. Глинобетонные дома

категорически не рекомендуется строить в местностях, подверженных систематическим сильным наводнениям.

В статье рассмотрены лишь некоторые перспективы строительства куполообразных многопустотных структур с использованием 3-D печати из глинобетона. Использование 3D-принтера с глинобетонным раствором разрешает начать процесс строительства прямо на месте, используя при этом подручные материалы. Это позволяет существенно снизить их стоимость, делая постройки рентабельными и выгодными с экономической точки зрения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Минке Г.* Глинобетон и его применение / пер. с нем. Калининград.: Янтарный сказ, 2004. 228 с.
2. *Эванс Я.* Дом из самана. Философия и практика / Майкл Дж.Смит, Линда Смайли; пер. с англ. Киев.: ОО Рідна Земля. 2008. 348 с.
3. Экономический и Социальный Совет Организации Объединенных Наций. Зелёные дома URL: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/share/folder/f1pgrp6ho1/direct/134905174>. (Дата обращения: 12.02.2021).
4. *Лапин Ю.* Автономные экологические дома. М.: Алгоритм. 2005. 416 с.
5. Экономический и Социальный Совет Организации Объединенных Наций. Принципы и цели, касающиеся доступного, безопасного и экологичного жилья URL: <https://unecce.org/fileadmin/DAM/hlm/documents/2010/ece.hbp.2010.6.r.pdf>. (Дата обращения: 12.02.2021).



## **АНАЛИЗ ТРЕБОВАНИЙ К БЕТОННЫМ НАПОЛЬНЫМ ПОКРЫТИЯМ ПЛАВИЛЬНЫХ ЦЕХОВ**

**М.С. Тюник, А.В. Смирнова, Е.О. Побегалова**

Научный руководитель - **Е.О. Побегалова**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются особенности состава, структуры и свойств бетонов и железобетонов для напольных покрытий плавильных цехов. Проводится анализ требований к бетонным напольным покрытиям плавильных цехов.*

**Ключевые слова:** *плавильный цех, напольное покрытие, жаростойкий бетон, железобетон.*

## **ANALYSIS OF REQUIREMENTS FOR CONCRETE FLOOR COVERINGS IN SMELTERS**

**M.S. Tyunik, A.V. Smirnova, E.O. Pobegalova**

Scientific Supervisor - **E.O. Pobegalova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The features of the composition, structure and properties of concretes and reinforced concrete for floor coverings of smelting shops are considered. The analysis of the requirements for the concrete flooring of the smelting shops is being carried out.*

**Keywords:** *smelting shop, flooring, heat-resistant concrete, reinforced concrete.*

Цеха, в которых производится плавка сталей и сплавов представляют собой сложный взаимосвязанный комплекс, оснащенный разнообразным оборудованием. В плавильных цехах осуществляется подача материалов шихты, загрузка их печь, выплавка и разливка стали, уборка продуктов плавки и подготовка оборудования, которое обеспечивает выполнение этих технологических процессов.

В каждом плавильном цехе на протяжении всего технологического цикла выплавки стали или сплавов, включающего процессы выплавки, транспортировки, разливки и остывания, в рабочие помещения выделяется большое количество тепла. Сильное негативное воздействие оказывает высокая темпе-

ратура, исходящая от плавильных печей, на напольные покрытия плавильных цехов. Под воздействием постоянно изменяющихся температур возникают внутренние растягивающие и сжимающие напряжения, вызывающие образование трещин, которые приводят к дальнейшему разрушению напольного покрытия.

Первостепенное значение имеет подбор материалов для напольных покрытий плавильных цехов. Правильно выбранное напольное покрытие повышает стойкость пола к износу и защищает его от различных негативных воздействий, что способствует снижению затрат на ремонт и увеличению срока службы напольного покрытия.

В качестве материала напольных покрытий плавильных цехов чаще всего используется бетон. Бетон обладает прочностью, пористостью, морозоустойчивостью, огнестойкостью, теплопроводностью. Прочность зависит от марки цемента и связи цемента с водой, а пористость от количества воды в составе. Морозоустойчивость зависит от количества и характеристики пор, огнестойкость от марки бетона и содержание воды. Теплопроводность зависит от марки бетона и наполнителя.

В плавильных цехах напольное покрытие в зоне нагрева до 200 °С изготавливают из жаростойкого бетона. В зависимости от максимальной температуры прогрева устанавливают толщину теплоизоляционного слоя, на который впоследствии укладывается жаростойкий бетон. Если температура нагрева пола свыше 400 °С, то покрытие необходимо армировать стальной арматурой в виде сетки. Диаметр прутьев арматуры 5 - 6 мм. Глубина заложения армопояса должна быть не менее 30 мм от поверхности покрытия. Это необходимо для снижения растягивающих усилий, которые возникают при резких изменениях температуры. При температуре до 600 °С в состав жаростойкого бетона входит шлакопортландцемент, базальт, доменный шлак и андезит. Если температура около 1400 °С, то необходимо применять покрытие из специальных чугунных плит с опорными выступами, обеспечивающими несущую способность от статических и динамических усилий. Эти чугунные плиты нужно укладывать на прослойку из песка. В отличие от бетонов чугунные плиты обладают значительно большим сроком эксплуатации за счёт малой изнашиваемости.

По предельно допустимой температуре применения жаростойкие бетоны подразделяются на 14 классов.

При выборе напольных покрытий из жаростойкого бетона и железобетона для горячих цехов необходимо учитывать и допускаемые эксплуатационные воздействия.

Марка портландцемента для приготовления бетонного раствора должна быть 400 и выше.

Для повышения огнеупорности напольного покрытия в состав жаростойкого бетона вводят тонкомолотые минеральные добавки. Для этих целей, обычно, используют измельчённые шамотные отходы, а также изделия из маг-

незита, с огнеупорностью не меньше 1610 °С, а предел прочности при сжатии не меньше 20 МПа.

Технология устройства напольного покрытия из жаростойкого бетона подобна технологии устройства напольного покрытия из обычного бетона.

Для устройства покрытий из плит жаростойкого железобетона рекомендуется применять изделия размером 3х3 м (основные) и 1,5х1,5 м (добрные).

В качестве мелкого заполнителя обычно применяют гранулированный доменный шлак. Крупным заполнителем является шлаковый щебень, плотность которого должна составлять от 1350 кг/м<sup>3</sup>, а прочность на сжатие материала щебня не менее 120 МПа.

Плиты из жаростойкого бетона на портландцементе с хромитом и заполнителем из шлака по прослойке из песка имеют предельные значения интенсивности воздействия на пол:

- пешеходов и тележек на резиновых шинах допускается на 1 полосу движения 500 единиц в сутки;

- тележек на металлических шинах и перекачивания круглых металлических предметов (бочек) не допускается на 1 полосу движения более 50 единиц в сутки;

- транспортных средств на гусеничном ходу допускается на 1 полосу движения менее 10 единиц в сутки;

- допускается волочение твердых предметов с острыми углами и ребрами, работа на полу с лопатами, ломом и другим острым инструментом;

- масса предметов, падающих с высоты 1 м допускается не более 10 кг;

- удельное давление от сосредоточенных нагрузок 500 Н/см<sup>2</sup>;

- нагревание пола до температуры 600 °С.

В статье рассмотрены лишь некоторые особенности состава, структуры и свойств бетонов и железобетонов для напольных покрытий плавильных цехов. Тем не менее, даже из этого краткого сообщения видно, что совокупность свойств бетона для напольных покрытий плавильных цехов многогранна и во многом зависит от предельной температуры в различных цехах. Для расширения области применения бетона для напольных покрытий плавильных цехов, необходимо использовать современные методы исследования, разработанные в физико-химической механике композитных материалов. Применение этих методов позволит объяснить влияние многих факторов на свойства бетона для напольных покрытий плавильных цехов и спрогнозировать изменение их свойств.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чиркин В. С. Теплофизические свойства материалов. Справочник. М.: ФИЗМАТГИЗ, 1959.- 356 с.

2. *Хрусталеv Б.М.* Государственная программа научных исследований «Строительные материалы и технологии» (2011-2015 гг.): Анализ итогов второго года работы. Научно-технический справочник / Б.М. Хрусталеv, С.Н. Леонович. Минск: БНТУ, 2013. 188 с.
3. ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. М.: Стандартиформ, 2008.
4. Полы. Технические требования и правила проектирования, устройства, приемки, эксплуатации и ремонта. Свод правил (в развитие СНиП 2.03.13-88 «Полы» и СНиП 3.04.01-87 «Изоляционные и отделочные покрытия») – Утвержден 27.02.2004 ОАО ЦНИИпромзданий
5. ПОТ Р М-002-97 Межотраслевые правила по охране труда в литейном производстве. СПб.: ЦОТПБСП, 2001.

## **АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ**

**Н.В. Филиппов, А.А. Воробьева,  
Д.А. Стрельцова, С.С. Аникеев, И.Н. Куприянов**

Научный руководитель – **И.Н. Куприянов**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается технологическое наследование. Определено существование генетической связи в металлических сплавах, её влияние на структуру и свойства, изготавливаемых из них изделий.*

***Ключевые слова:** технологическое наследование, химико-структурная информация, шихта, легирование, генетическая связь.*

## **ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING TECHNOLOGICAL HERITAGE**

**N.V. Filippov, A.A. Vorobyova, D.A. Streltsova, S.S. Anikeev,  
I.N. Kupriyanov**

Scientific Supervisor - **I.N. Kupriyanov**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*Technological inheritance is considered. The existence of a genetic link in metal alloys, its influence on structure and properties of products made from them, is determined.*

***Keywords:** technological inheritance, chemical and structural information, charge, alloying, genetic link.*

Одним из важных показателей развития промышленности является повышение качества продукции, что требует непрерывного совершенствования технологических процессов и улучшения свойств материалов. Известно, что формирование свойств изделия происходит на всех этапах производства, и носителем такой информации является именно материал. Поэтому в процессе производства необходимо учитывать явление технологической наследственности.

Технологическая наследственность – это явление переноса свойств объектов от предшествующих технологических операций к последующим. Свой-

ства, в свою очередь, могут быть как положительными, так и отрицательными. В явлении переноса свойств важную роль имеет наследственная информация, которая связана с применяемым материалом для конкретных деталей и особенно их поверхностных слоев. Сейчас явление структурной наследственности в металлических материалах определяется как совокупность закономерностей, объясняющих последовательность и механизм закладки, передачи и проявления структурной информации в системе «шихта–расплав–литое изделие–деталь» (или твердое–жидкое–твердое)

Основные закономерности структурной наследственности представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Основные закономерности явления структурной наследственности**

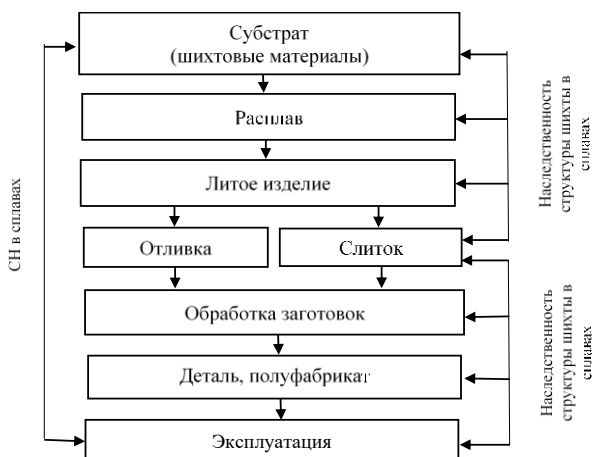
Закономерность	Трактовки закономерностей
Первая	Закладка структурной информации осуществляется путем обработки шихтовых металлов специальными способами и оптимальным выбором состава шихты
Вторая	Склонность сплавов к наследованию определяется физико-химическими критериями, характеризующими взаимодействие основы с компонентами сплава в твердом и жидком состояниях
Третья	Унаследованные дисперсные частицы и кластеры в расплаве (элементы структуры расплава – ЭСР) являются генами структурной информации шихтового материала
Четвертая	Унаследованные расплавом дисперсные частицы и кластеры являются потенциальными дозародышами и центрами кристаллизации
Пятая	В системе «шихта – расплав – литое изделие» выполняется условие (эмерджентности), когда целое (система) не равно сумме составляющих его элементов

В настоящее время наиболее актуальным становится рассмотрение и учет генезиса материалов с момента их зарождения из рудных компонентов шихты и последующих процессов передела, приведших к определенному их состоянию и свойствам.

Управление структурой модифицированием, т.е. введением активных частиц и внешним воздействием, базируются на основе – передачи генетической наследственности и её изменениях по схеме: шихта-расплав-готовое изделие, что позволяет классифицировать структурную наследственность (рисунк 1). Обобщенная информация о наследуемых признаках шихтовых материалов, которые могут быть, носителем (кодом, генами) химико-структурной информации представлена в таблице 2.

Проявление структурной наследственности зависит от легирования сталей (сплавов), скорости нагрева и от присутствия в составе материала опреде-

ленных примесей. Чем больше в материале содержится легирующих элементов, тем шире диапазон скоростей нагрева при плавлении и термической обработке, при которых проявляется структурная наследственность в стали.



**Рис. 1. Проявление структурной наследственности и её классификация по В.И. Никитину**

В высоколегированных сталях структурная наследственность, как правило, проявляется не только при быстром или медленном нагреве, но и при промежуточных умеренных скоростях нагрева. Из этого следует, что в таких сталях структурная наследственность наблюдается в обычных условиях нагрева, так как восстановленное зерно аустенита длительное время не рекристаллизуется. Так, при последующей термической обработке под закалку быстрорежущей стали независимо от скорости нагрева при аустенизации, происходит восстановление исходного зерна и наблюдается нафталинистый излом.

В ходе процесса анализа априорной информации удалось выяснить, что процессу закладки структурной информации следует уделять пристальное внимание при подготовке шихтовых материалов, так как в это время формируются структурированные единицы, являющиеся переносчиками наследственных признаков металлических материалов. В свою очередь, структурная информация закладывается специальными жидкофазными, кристаллизационными, твердофазными способами, которыми можно повысить свойства алюминиевых сплавов и чугунов.

**Таблица 2. Наследуемые признаки шихтовых металлов в производстве черных и цветных сплавов**

Изучаемые сплавы	Наследуемые признаки Носитель структурной информации	Источник информации	Год публ.
Алюминиевые	Микрогруппировки атомов. Диспергированные недорастворившиеся субчастицы	В.И. Никитин	1973
Алюминиевые Магниеые Стали, чугуны	Атомарный водород	В.И. Никитин В.К. Афанасьев	1977
Чугуны Стали	Включения графита. Неметаллические включения. Неравномерность структуры расплава. Газы. Элементы структуры ближнего порядка	Б.А. Баум	1979
Алюминиевые	Мелкодисперсные неметаллические и интерметаллидные фазы. Активированные нерастворимые частицы. Остатки интерметаллидов (по Д.Е. Овсиенко)	А.В. Курдюмов и др. М.Б. Гохштейн	1980  1982
Алюминиевые	Долгоживущие остатки твердой фазы (ОТФ). Стабильные кластеры.	Г.Г. Крушенко	1986
Алюминиевые Стали	Сохранение исходных типов ближнего порядка. Генетический комплекс жидкого металла.	Г.П. Борисов	1988
На основе Al, Fe, Ni	Коллоидные частицы. Вакансии. Микропузырьки	П.С. Попель С.Н. Кузин	1990

Всё это позволило охарактеризовать явление структурной наследственности, как совокупность закономерностей, объясняющих последовательность и механизм закладки, передачи и проявления структурной информации в системе «шихта-расплав-литое изделие-деталь...». Применение и учет этого явления позволит повысить технологические и эксплуатационные свойства изделий как из черных, так и из цветных металлов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тошев. М.Т.* Элемента-создатели наследственных признаков и их влияние на свойства металлов и сплавов: дис. \_ канд. техн. наук: 05.16.02 / Тошев Мансур Толибжонович. Душанбе, 2018. 140 с.
2. *Никитин В.И.* Развитие и применение явление структурной наследственности в алюминиевых сплавах / В.И. Никитин, К.В. Никитин. Самара, 2014. 6 с.
3. *Дальский А.М.* Технологическая наследственность в машиностроительном производстве / А.М. Дальский, Б.М. Базров, А.С. Васильев и др.; под ред. А.М. Дальского. М.: Изд-во МАИ, 2000. 364 с.



## ОПТИЧЕСКИЕ ПЛАСТМАССЫ

**Р.О. Хватов, В.А. Алов**

Научный руководитель – **В.А. Алов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Приводится классификация оптических полимерных материалов, их преимущества и новые возможности.*

**Ключевые слова:** полимерные системы, оптика, оптические полимеры

## OPTICAL PLASTICS

**R.O. Khvatov, V.A. Alov**

Scientific Supervisor – **V.A. Alov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The classification of optical plastics, their advantages and new possibilities are given.*

**Keywords:** polymer systems, optics, optical polymer

Сегодня изменчивость полимерных систем из-за широких возможностей регулирования их структуры и свойств открывает возможность получения конкурентоспособных материалов для оптики и оптоэлектроники.

Полимерная оптика, которая является более высокотехнологичной и относительно дешевой, является решением технических проблем, связанных с уменьшением трудоемкости сборки, улучшением конструкции и надежностью различных оптических приборов.

Фосфорсодержащие полимеры и композитные материалы очень привлекательны в качестве люминесцентных зондов, оптических сред для люминесцентных солнечных концентраторов, электролюминесцентных органических светодиодов, которые важны для производства современного электронного оборудования, а также энергосберегающих источников света.

Современной тенденцией является разработка фотохромных и других, так называемых «умных» материалов на основе оптически прозрачных полимеров. Синтез и исследование полимеров с нелинейными оптическими свойствами составляет значительную часть новейших исследований. К приоритет-

ным направлениям исследований, которые активно развиваются в последние годы можно также отнести создание прозрачных полимерных композиций, содержащих наноразмерные наполнители.

На сегодняшний день выявлено множество других возможностей для успешного «продвижения» оптически прозрачных полимерных материалов в новейших научных и технологических областях.

Оптические материалы предназначены для передачи или преобразования света в разных частях спектрального диапазона. Эти материалы имеют различные оптические свойства. Однако есть особенности, отличающие оптический материал от любого другого. К ним относятся:

- 1) строгая воспроизводимость для каждой марки материала, независимо от времени и места его изготовления [1];
- 2) широкий диапазон значений показателя преломления света;
- 3) высокая однородность и прозрачность;

Максимальная прозрачность оптических материалов в видимом диапазоне спектра составляет 92-94 %. Светопропускание неорганических стекол менее ограничено, по сравнению с полимерами. В качестве оптических материалов такие полимеры применяют, в основном, в видимой области спектра.

В зависимости от их назначения, все оптические материалы можно разделить на две большие группы:

- 1) материалы для формирования оптического изображения и передачи световых потоков, несущих оптическое изображение, (линзовая оптика) и для передачи световых потоков, несущих энергию излучения (волоконно-оптические материалы);
- 2) материалы для генерации световых потоков (лазерные технологии) и управления световыми потоками (магнитооптические и нелинейно-оптические материалы, электрооптические, электрохромные, фотохромные материалы) [2].

Полимеры превосходят все другие материалы фотоники как по полученным предельным частотам модуляции, так и по возможностям массового производства при очень низкой стоимости элементов. Это определяет широкое развитие полимерной фотоники в настоящее время [3].

Поэтому преимущества и новые возможности оптических полимеров определяют широкое распространение и растущую потребность в производстве и развитии полимерных оптических систем в современном мире - в камерах мобильных телефонов, сканерах штрих кодов, DVD-дисках, датчиках движения, лазерных установках и т.д. Это диктует необходимость активизации систематических исследований, связанных с целенаправленным синтезом оптически прозрачных полимеров с заданным комплексом свойств и материалов на их основе.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Казарновский Д.М.* Радиотехнические материалы / Д.М. Казарновский, С.А. Яманов. М.: "Высшая школа", 1972.- 312 с.
2. *Торбин И.Д.* Применение прозрачных термопластов в оптической промышленности / И.Д. Торбин, Ю.Ф. Даминов // Пласт.массы. 1977.– №3. С. 61–63.
3. *Шепурев Э.И.* Полимерные оптические материалы. Л.: ЛДНТП, 1987. 20 с.

## **ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЦЕПЕЙ МАРКОВА ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССА ГОРЯЧЕЙ ПРОКАТКИ СТАЛЬНОЙ ПОЛОСЫ**

**Е.Н. Ширяева, М.А. Полякова**

Научный руководитель – **М.А. Полякова**, д-р техн. наук,  
профессор

Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова

*Проведен анализ возможности использования цепей Маркова для оценки производства горячекатаной стальной полосы с требуемым уровнем механических свойств.*

**Ключевые слова:** *Марковские цепи, горячая прокатка, стальная полоса.*

## **POSSIBILITY TO USE MARKOV CHAINS FOR ASSESSMENT THE STEEL SHEET HOT ROLLING PROCESS**

**E.N. Shiriaeva, M.A. Polyakova**

Scientific Supervisor – **M.A. Polyakova**, Doctor of Technical  
Sciences, Professor

Nosov Magnitogorsk State Technical University

*Analysis was carried out in order to estimate the possibility to use Markov chains for assessment the hot rolling manufacturing process of steel sheet with the desired level of mechanical properties.*

**Keywords:** *Markov chains, hot rolling, steel sheet.*

В настоящее время в области горячей прокатки накоплен значительный теоретический и практический опыт, однако, по-прежнему принятие правильных управленческих и технологических решений является сложной задачей. Особую актуальность приобретают вопросы, связанные с необходимостью разработки таких технологических процессов, которые позволяли получать стальной прокат с заданным уровнем эксплуатационных свойств. С этой точки зрения необходимо провести системный анализ соответствующей технологии, рассмотрев ее входные и выходные параметры.

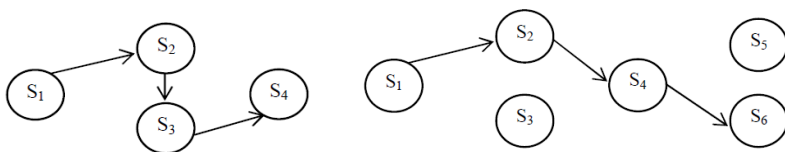
Как известно, к входным параметрам процесса горячей прокатки относятся характеристики заготовки (сляба), химический состав стали, которые

регламентируются в нормативной или технической документации. Требования заказчика к готовой продукции являются выходными параметрами данной технологической системы. К потокам энергии при горячей прокатке относятся механическая, электрическая и тепловая. Потоки информации составляют различные требования к заготовке, нормируемые документацией, действующей на предприятии, а на выходе из технологического процесса - соответствующие требования, предъявляемые к готовой продукции. Кроме того, к потокам информации следует отнести требования экологической и промышленной безопасности, охраны труда и сведения, получаемые при различных видах контроля.

Технологический процесс производства металлоизделий характеризуется неопределенностью информационных потоков. Это связано с высокой степенью вариативности входных параметров, режимов технологических операций, сложность получения количественной информации о пооперационном изменении свойств обрабатываемой заготовки в ходе осуществления технологического процесса.

Сложность получения стального листа с требуемым комплексом механических свойств связано со следующими факторами: необходимость решения связанной задачи нагрева металла и его деформационной обработки; изменение формы и размеров сляба и полупродукта в трехмерном пространстве; неопределенность свойств и изменения свойств прокатываемого металла в интервале температур прокатки в каждой клети черновой и чистовой группы. Данные обстоятельства являются основой для использования таких принципов построения моделей, которые позволят учитывать взаимосвязанность и взаимообусловленность технологических факторов горячей прокатки. Одним из таких подходов являются цепи Маркова, сущность которого заключается в оценке вероятности наступления того или иного события [1-3]. Тогда, горячую прокатку следует рассматривать как случайный процесс с учетом фактора времени, что позволит более полно и точно описать реально происходящие процессы. Поэтому одним из эффективных инструментов моделирования производственных процессов в прокатном производстве являются цепи Маркова.

Переход из одного состояния в другое можно представить траекторией, имеющей вид ломаной линии, как это представлено на рисунке. В результате определенных воздействий субъективного или объективного характера в моменты времени  $t_1, t_2, \dots, t_n$  значения механических свойств прокатываемого металла как динамическая система перейдет в состояния  $S_1, S_2, \dots, S_n$ , соответственно. Переходы системы из состояния  $S_i$  в состояние  $S_j$  могут быть, например, такими:  $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow \dots \rightarrow S_n$ , или  $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_4 \rightarrow S_6 \rightarrow \dots \rightarrow S_n$ , или  $S_1 \rightarrow S_3 \rightarrow S_5 \rightarrow \dots \rightarrow S_n$  (рисунок 1).



**Рис. 1.** Переходы системы из состояния  $S_i$  в состояние  $S_j$

В общем виде на каждом звене траектории принимаемое решение зависит только от предыдущего состояния и никак не зависит от того, что было до этого. Это принцип динамического характера функционирования системы перехода из одного состояния в другое.

Марковские процессы позволяют учесть, во-первых, динамику изменения механических свойств горячекатаной полосы, а во-вторых, их стохастический характер. Это позволяет получить более точные оценки качественных показателей готовой продукции, а значит, избежать нежелательных потерь и повысить эффективность функционирования производственного процесса [4, 5].

Горячая прокатка является сложным технологическим процессом, поэтому использование вероятностного подхода является гарантией разработки математических моделей, которые необходимы для разработки технологических процессов производства горячекатаного стального листа с требуемым уровнем свойств.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кемени Д.Д.* Конечные цепи Маркова / Д.Д. Кемени, Д.Л. Снелл; перевод с англ. С.А. Молчанов, Н.Б. Левина, Я.А. Коган. М.: Наука, 1970. 271 с.
2. *Кельберт М.Я.* Вероятность и статистика в примерах и задачах. Т. 2: Марковские цепи как отправная точка теории случайных процессов и их приложения / М.Я. Кельберт, Ю.М. Сухов. М.: МЦНМО, 2010. 588 с.
3. *Венцель Е.С.* Теория случайных процессов и ее инженерные приложения. 5-е изд. / Е.С. Венцель, Л.А. Овчаров. М.: КНОРУС, 2010. 448 с.
4. *Константинов Д.В.* Исследование многопроходных процессов холодной пластической деформации на основе математического моделирования методом Марковских цепей / Д.В. Константинов, А.Г. Корчунов // *Обработка сплошных и слоистых материалов*. 2012. № 38. С. 135-145.
5. *Сивагатуллин С.К.* Приложение Марковских цепей к анализу эффективности работы доменной печи / С.К. Сивагатуллин, А.С. Харченко, Л.Д. Девятченко // *Известия высших учебных заведений. Черная металлургия*. 2018. Т. 61. № 38. С. 649-656.

**АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ  
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ  
КОМПОНЕНТОВ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ**

**Д.А. Щаднев, Н.И. Вершинина**

Научный руководитель – **Н.И. Вершинина**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*В данной работе рассмотрены материалы, используемые для обеспечения охлаждения электронных компонентов радиотехнических устройств. Проанализированы их физические свойства, а также строение композиционных материалов. Рассмотрены основные причины нарушения работы электронных компонентов.*

***Ключевые слова:** тепловыделение, температура, коэффициент теплового расширения, теплопроводность, электронные компоненты.*

**ANALYSIS OF MATERIALS USED TO PROVIDE COOLING  
OF ELECTRONIC COMPONENTS OF RADIO ENGINEERING  
DEVICES**

**D.A. Shchadnev, N.I. Vershinina**

Scientific Supervisor - **N. I. Vershinina**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*In this paper, the materials used to provide cooling of electronic components of radio engineering devices are considered. Their physical properties and the structure of composite materials are analyzed. The main causes of malfunction of electronic components are considered.*

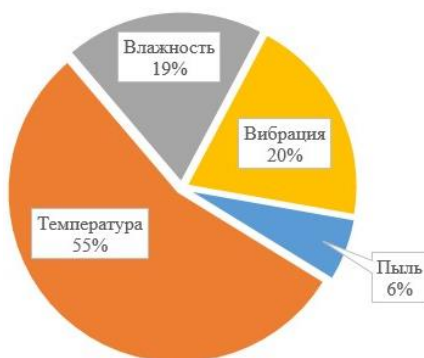
***Keywords:** heat release, temperature, coefficient of thermal expansion, thermal conductivity, electronic components.*

Электронные компоненты – это производственно-исполненные по специальным технологическим процессам, законченные технические изделия с ограниченным регламентированным функционалом, входящие в состав электронных и радиотехнических устройств и, определяющие заданные свойства и характеристики, частей электронных схем этих устройств (рисунок 1) [1].

Несмотря на свои достаточно малые размеры, электронные компоненты при эксплуатации способны выделять большое количество тепла. Количество выделяемого тепла может быть настолько значительным, что может приводить к неправильной работе электронной аппаратуры или полному её отказу. На рисунке 2 [2] приведена диаграмма основных факторов, определяющих выход из строя электронной аппаратуры, из которой видно, что наиболее сильно на работу этих устройств влияет температура.



**Рис. 1. Примеры электронных компонентов**



**Рис. 2. Диаграмма основных факторов, определяющих выход из строя электронной аппаратуры [2]**

Для того чтобы электронное оборудование сохраняло свою работоспособность, его электронные компоненты подвергаются охлаждению. Сам по себе процесс охлаждения делят на два вида, естественное и принудительное. При естественном способе выделяемое тепло рассеивается корпусом электронного компонента или его радиатором. Принудительный процесс охлаждения отличается тем, что рассеивает большее количества тепла за счет исполь-



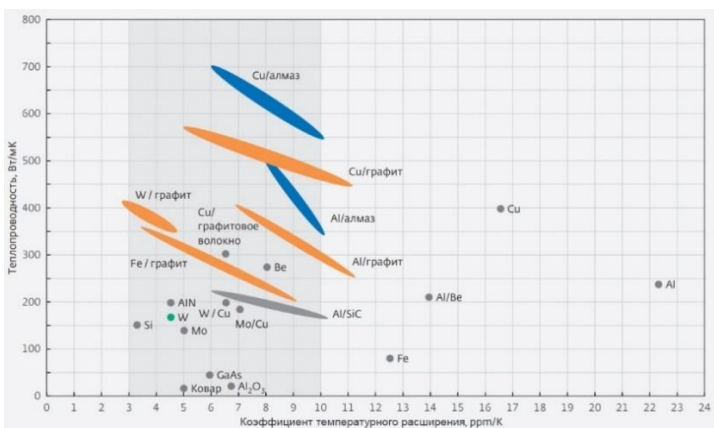
зования дополнительных средств, например, вентиляторы и системы жидкостного охлаждения. При использовании жидкости корпуса электронных компонентов должны изготавливаться из специальных материалов, которые не только хорошо проводят тепло, но и не подвержены коррозии, так как напрямую воздействуют с охлаждающей жидкостью.

К материалам, обеспечивающим охлаждение электронных компонентов в таких условиях, предъявляют следующие требования. Они должны:

- иметь максимальную теплопроводность во всем диапазоне рабочих температур;
- химически не реагировать с основными материалами корпуса (ковар, Cu, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, BeO, AlN и др.) и материалами чипов (Si, GaAs, GaN, InP, SiC и т. д.);
- иметь коэффициент температурного расширения максимально близкий к коэффициентам основных материалов корпуса и чипа;
- обладать хорошими механическими свойствами, исключаящими деформацию оснований, как в процессе изготовления корпусов, так и при сборке чипов и последующей эксплуатации;
- иметь шероховатость поверхности менее 0,6 мкм;
- иметь невысокую стоимость.

Основным материалом, эффективно отводящим тепло, является медь и алюминий, из-за своей высокой теплопроводности и относительно низкой цены. Однако для некоторых электронных компонентов, работающих при больших частотах и мощностях, физических свойств данных материалов недостаточно и используют более дорогие, но и более эффективные материалы, к которым относят: материалы групп WCu и MoCu; композиционные материалы; металлические материалы с графитовым наполнением; материалы типа Al-алмаз и Cu-алмаз. На рисунке 3 представлены зависимости теплопроводности и коэффициенты температурного расширения для некоторых материалов, применяемых при изготовлении охлаждения чипов для приборов силовой и СВЧ-электроники.

В последние годы при изготовлении радиотехнических устройств широкое распространение получают слоистые композиционные структуры. Они состоят из нижней и верхней обкладок из меди, между которыми помещается слой, содержащий молибден или вольфрам, или их сплавы с медью. Меняя соотношение толщины данных слоев, можно варьировать теплопроводность и коэффициент термического расширения. При использовании данной составной структуры, увеличивается теплопроводность и жесткость конструкции.



**Рис. 3. Диаграмма зависимостей теплопроводности и коэффициентов температурного расширения для материалов, применяемых при изготовлении охлаждаемых чипов [3]**

Еще одним типом композиционного материала, использующим хорошие физические свойства углерода, являются композитные материалы Al-алмаз и Cu-алмаз. Размер и соотношение алмазных частиц подбираются таким образом, чтобы обеспечить высокий показатель теплопроводности, низкое значение коэффициента температурного расширения и удовлетворительную механическую прочность. Данные материалы обладают теплопроводностью около 500 Вт/м·К, что более чем в 2 раза превышает данный показатель у сплава WCu. Главным недостатком материалов типа Al-алмаз и Cu-алмаз, является цена.

Таким образом, при выборе материалов для обеспечения охлаждения электронных компонентов радиотехнических устройств учитываются как физические, механические свойства материалов, так и их экономические показатели.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL: [https://www.comsoft.ru/index.php?\\_t8=22](https://www.comsoft.ru/index.php?_t8=22) (Дата обращения: 13.03.21).
2. URL: <https://heat-lab.com> Дата обращения: (13.03.21).
3. *Потанов С.* Композитные теплопроводящие материалы для изделий электроники. № 9. М.: АО "Рекламно-издательский центр "Техносфера" (Москва), 2015. 102-107 с.

## **ВЛИЯНИЕ ПЕРЕГРЕВА СТАЛИ ПРИ ЗАКАЛКЕ НА ПРОЦЕСС ШЛИФОВАНИЯ ШЛИЦЕВОГО ХВОСТОВИКА ПЕРВИЧНОГО ВАЛА**

**А.С. Козлов, Т.Д. Стоянова**

Научный руководитель - **Т.Д. Стоянова**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В работе рассматривается вал первичный коробки передач двигателя ЯМЗ. Исследование связано с повышенным количеством рекламаций связанных с обнаружением трещин на боковой поверхности шлиц шлицевого хвостовика вала.*

***Ключевые слова:** шлицевой хвостовик, твердость, микроструктура, трещины, вторичная закалка, шлифование.*

## **INFLUENCE OF STEEL OVERHEATING DURING HARDENING ON THE PROCESS OF GRINDING OF THE SPLINE SHAFT OF THE INPUT SHAFT**

**A.S. Kozlov, T.D. Stoyanova**

Scientific Supervisor - **T.D. Stoyanova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The paper considers the primary gearbox of the YMZ engine. The study is associated with an increased amount of complaints related to the detection of cracks on the side surface of the slot shank shank.*

***Keywords:** slot shank, hardness, microstructure, cracks, secondary hardening, grinding.*

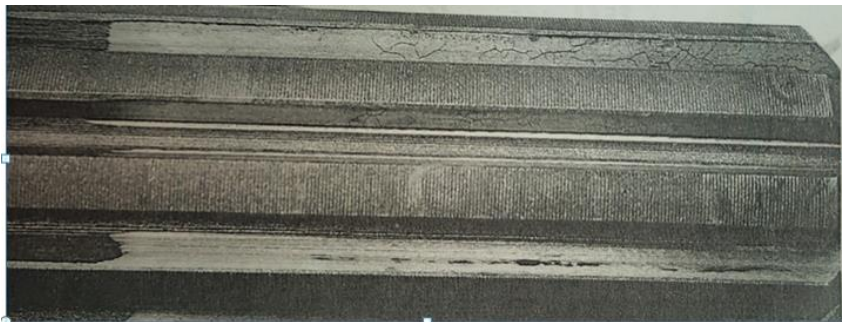
В работе рассматривается вал первичный коробки передач двигателя ЯМЗ. Исследование связано с повышенным количеством рекламаций связанных с обнаружением трещин на боковой поверхности шлиц шлицевого хвостовика вала.

При визуальном осмотре вала на боковой поверхности шлиц шлицевого хвостовика вала наблюдается двухстороннее пятно контакта и цвета поверхности.

При проверке на магнитном дефектоскопе на боковых поверхностях шлиц наблюдаются обложения магнитного порошка в виде сетки трещин (Рис. 2).

Для выяснения причин образования трещин проведены следующие исследования:

1. Замер твердости на вершинах и боковых поверхностях шлиц, а также распределение твердости цементованного слоя по глубине;
2. Замер твердости по сечению зубьев шлиц и в середине зуба;
3. Микроструктуры шлицевого хвостовика.



**Рис. 2. Сетка трещин на боковых поверхностях шлиц**

Требования, предъявляемые к детали «вал первичный» по техническим условиям:

1. Сталь: 15ХГН2ТА;
2. Цементация поверхности вала: твердость на поверхности 59-63 HRC, глубина цементованного слоя 0,9-1,2 мм. Микроструктура: мелко и среднеигльчатый мартенсит до 5 балла (шкалы ГОСТ 8233-56 с остаточным аустенитом до 3 балла шкалы технических условий предприятия).

Технологией изготовления вала предусматривается окончательная механическая обработка поверхности шлиц – шлифование.

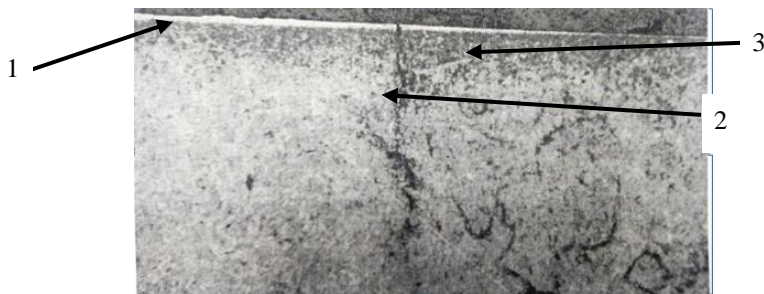
Результаты исследования:

1. Твердость на вершинах шлиц – 57-58 HRC;
2. Твердость на боковой поверхности шлиц – 52-56 HRC;
3. Твердость в сердцевине шлиц – 32-34 HRC;
4. Твердость по глубине цементованного слоя 50-45 HRC на глубине 0,2-0,3 мм;
5. Микроструктура цементованного слоя: крупноигльчатый мартенсит 7-8 баллов шкалы ГОСТ 8233-56 с остаточным аустенитом 6 балла шкалы технических условий предприятия изготовителя.

В микроструктуре шлиц на боковой поверхности шлиц наблюдается зона вторичной закалки с залегающей под ней отпущенной зоной (Рис. 3).

В плоскости продольного шлифа, приготовленного из шлиц хвостовика с выходом на боковые поверхности в районе с отложением магнитного порошка наблюдаются тонкие извилистые трещины, проникающие на глубину 0,5 мм.

Микроструктура цементованного слоя свидетельствует о перегреве стали при закалке.



**Рис. 3. Зона вторичной закалки с залегающей под ней отпущенной зоной:**

1 – зона вторичной закалки; 2 – трещина; 3 – отпущенная зона

При шлифовании изделий из закаленной стали под влиянием структурных превращений часто возникают трещины, которые обычно называются «шлифовочными».

Можно указать на три принципиальных случая структурного строения, появляющегося под влиянием разогрева в условиях шлифования.

1. На поверхности изделий возникает отпущенная зона. Если твердость отпущенной зоны снижается до HRC 50 и ниже, то она выявится при травлении в виде темной полосы. Отпуск стали может получиться при условии, если разогрев стали был ниже температуры фазовых превращений.

2. На поверхности изделий располагается зона, характеризующаяся высокой твердостью (HRC 65—67) и слабой травимостью. После воздействия на шлиф раствором азотной кислоты в спирте она сохраняет белый цвет. Высокая твердость может возникнуть, если поверхность стали будет подвергнута вторичной закалке после нагрева до температуры, обеспечивающей фазовые превращения с образованием аустенита и последующего быстрого охлаждения.

3. Сочетаются зоны вторичной закалки и отпуска. При этом с поверхности шлифуемого изделия располагается зона вторичной закалки, ниже которой следует зона отпуска.

Трещины, возникающие при шлифовании, наблюдаются в виде сетки или мелких штрихов, расположенных перпендикулярно ходу абразивного кру-

га; глубина таких трещин не превышает 0,1 мм, но возможны случаи проникновения их и до 1,5 мм. Глубина трещин определяется толщиной зоны, претерпевшей структурные превращения при шлифовании. При углублении до 0,5-1,5 мм трещины выявляются как отдельные или расположенные примерно параллельно.

При сочетании структуры вторичной закалки и отпущенного слоя после шлифования, трещины всегда распространяются на глубину не только вторичного закаленного слоя, но и отпущенной зоны.

Ранее структура вторично закаленной стали считалась мартенситной, на основании высокой твердости. Из-за того, что данная структура не травится азотной кислотой, принималось, что образующийся при шлифовании мартенсит чем-то отличается от мартенсита, полученного обычной закалкой.

При исследовании рентгеноструктурным анализом было выявлено, что шлифованная поверхность образца содержала повышенное количество аустенита. Кажется, необыкновенным, чтобы структура, почти полностью состоящая из аустенита, имела твердость HRC 65-67, но все полученные данные полностью подтверждают это.

Перегрев стали при закалке, увеличивающий количество остаточного аустенита, повышает склонность изделий к образованию шлифовочных трещин, особенно трещин отслаивания.

Структура перегретой при закалке стали оказывает на процесс шлифования следующие влияния:

1. Дополнительные объемные изменения от превращения остаточного аустенита;
2. Снижение теплопроводности стали, что приводит к замедлению теплоотвода с поверхности стали, что в свою очередь является причиной нагрева поверхности в процессе шлифования до температур вторичной закалки (~800 °С).

Чтобы избежать образования трещин при шлифовании необходимо подбирать абразивные круги и режимы, которые позволяют ограничивать разогрев поверхности не выше температуры отпуска. Вместе с тем отпуск стали имеет также чрезвычайно важное значение, как и закалка. Данные операции технологического процесса должны строго контролироваться. Необходимо обеспечить соблюдение режима закалки, в частности не допускать перегрева и несоблюдение времени выдержки.

*Вывод:*

Причиной образования трещин на боковых поверхностях шлиц является наличие в структуре цементованного слоя большого количества остаточного аустенита, что приводит к дополнительным объемным изменениям от его превращения. Происходит снижение теплопроводности стали, что приводит к замедлению теплоотвода, и к нагреву поверхности в процессе шлифования до температур вторичной закалки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гуляев А.П.* Металловедение: Учебник для вузов. 6 изд. М.: Машиностроение, 1986. 544 с.
2. *Лахтин Ю.М.* Материаловедение: Учебник для машиностроительных вузов / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение. 1980. 493 с.
3. *Малинкина Е.И.* Образование трещин при термической обработке стальных изделий. 2-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1965. 172 с.
4. ГОСТ 9013-59 (ИСО 6508-86) Металлы. Метод измерения твердости по Роквеллу (с Изменениями N 1, 2, 3, с Поправкой).
5. ГОСТ 8233-56 Сталь. Эталоны микроструктуры.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЛАСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧЕБНОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПО ЭКСПЕРТИЗЕ МАТЕРИАЛОВ**

**Т.В. Суханова, А.В. Смирнов, Е.Н. Фуртова**

Научный руководитель - **Е.Н. Фуртова**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*В статье представлен алгоритм для проведения анализа объектов контроля и видов (методов) проведения экспертизы материалов для определения области деятельности учебной лаборатории.*

***Ключевые слова:** учебная лаборатория, экспертиза материалов, методы.*

## **DEFINITION OF THE AREA OF ACTIVITY OF THE TRAINING LABORATORY ON EXAMINATION OF MATERIALS**

**T.V. Suhanova, A.V. Smirnov, E.N. Furtova**

Scientific Supervisor – **E.N. Furtova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The article presents an algorithm for analyzing objects of control and types (methods) of examination of materials to determine the scope of the educational laboratory.*

***Keywords:** educational laboratory, examination of materials, methods.*

При обучении студентов технических специальностей актуальным направлением является изучение материалов - химический состав, внутреннее строение, их свойства. Создание учебной лаборатории для проведения экспертизы материалов в университете позволит более эффективно организовать учебный процесс с учетом всех аспектов преподавания дисциплин: проведения теоретических и практических занятий, организации самостоятельных работ студентов, привлечение к научно-исследовательской работе.

Для определения области деятельности учебной лаборатории необходимо знать объекты, с которыми будет проходить дальнейшая работа. Поэтому целью настоящего исследования стала разработка алгоритма для проведения анализа возможных объектов контроля и методов (видов) проведения экспертизы материалов.



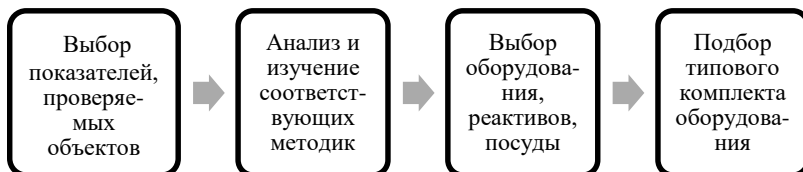
Для выбора объекта и возможных методов проведения экспертизы предлагается следующий алгоритм действий (рисунок1):

Этап 1. Анализ и выбор показателей, проверяемых объектов;

Этап 2. Анализ и изучение соответствующих методик;

Этап 3. Выбор оборудования, реактивов, посуды;

Этап 4. Анализ и подбор типового комплекта оборудования.



**Рис. 1. Анализ объектов контроля и видов (методов) проведения экспертизы материалов**

При большом количестве возможных объектов контроля, для проверки разработанной схемы анализа, приведем в работе пример объекта - металлы и сплавы.

На первом этапе для металлов были проанализированы их возможные показатели, по которым можно их контролировать – химический состав, прочность, твердость, пластичность, упругость, микроструктура, макроструктура, свариваемость и т.д.

Разберем в этой работе один из показателей - твердость. Твердость – свойство материала оказывать сопротивление контактной деформации или хрупкому разрушению при внедрении индентора в его поверхность [1].

На втором этапе по показателям объекта должен быть проведен анализ нормативной документации по методам проведения их экспертизы.

На рисунке 2 представлены существующие методы измерения твердости в зависимости от вида местных контактных воздействий [2].

Третий этап - на основании выделенных методов определяется требуемое оборудование, приборы, инструмент, реагенты и проводится оценка возможности учебной лаборатории.

Для каждого метода измерения твердости указывается оборудование, приборы и проводится анализ по их наличию в учебной лаборатории.

Для методов вдавливания более твердого индентора требуется следующее оборудование:

- по Бринеллю – твердомер Бринелля (типа ТБ) и стандартные образцы;
- по Роквеллу - твердомер Роквелла (типа ТР) и стандартные образцы;
- по Виккерсу - твердомер Виккерса (типа ТВ).



**Рис. 2. Методы измерения твердости**

На четвертом этапе проводится уточнение оборудования, имеющегося в наличии в лаборатории или возможности его приобрести. Приводится описание технических характеристик оборудования.

Например, для определения твердости по методу вдавливания в наличии есть твердомер Бринелля – ТШ-2М и микроскоп МПБ, твердомер Роквелла (типа ТР).

Анализ объектов и возможных методов проведения их экспертизы по данному алгоритму позволит выявить те объекты, которые станут основой в содержании дисциплин связанных с материалами, помогут определить направления научно-исследовательской деятельности. Работа в учебной лаборатории поможет студентам усвоить не только теоретический курс, но и решать разные производственные задания, связанные с изучением материалов (их состава, строения и свойств).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фетисов Г.П.* Материаловедение и технология материалов : учебник для бакалавров / Г.П. Фетисов [и др.]; под ред. Г. П. Фетисова. 7-е изд., перераб. и доп. Серия : Бакалавр. Базовый курс. М.: Издательство Юрайт, 2015. 767 с.
2. *Федосеев С.Н.* Методы определения твердости: метод. указания к выполнению лаб. работы по дисциплине «Материаловедение» для студентов III, IV курсов обучающихся по специальностям 150101 «Металлургия черных металлов», 150202 «Оборудование и технология сварочного производства», 150402 «Горные машины и оборудование», 151001 «Технология машиностроения» очной и заочной формы обучения / С.Н. Федосеев, А.А. Сапрыкин. Юрга: Изд-во ЮТИ (филиала) ТПУ, 2012. 18 с.

## **ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НАПОЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ ДЛЯ УЧАСТКА ВАГРАНОЧНОЙ ПЛАВКИ**

**Т.В. Суханова, А.В. Смирнов, Д.И. Рошин, Д.А. Юрьев**

Научный руководитель – **Е.О. Побегалова**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Проведен анализ температур, допускаемых на участках ваграночной плавки. Выбрано оптимальное напольное покрытие, представляющее собой комбинацию плит из жаропрочного бетона и чугуна с опорными выступами.*

**Ключевые слова:** вагранка, напольные покрытия, жаропрочный бетон.

## **SELECTION OF THE OPTIMAL FLOOR COVERING MATERIAL FOR THE SECTION OF THE CUPOLA MELTING**

**T.V. Sukhanova, A.V. Smirnov, D.I. Roshchin, D.A. Yuriev**

Scientific Supervisor – **E.O. Pobegalova**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The analysis of the temperatures allowed in the sections of cupola smelting is carried out. The optimum floor covering has been selected, which is a combination of refractory concrete and cast iron slabs with support lugs.*

**Keywords:** cupola, floor coverings, heat-resistant concrete.

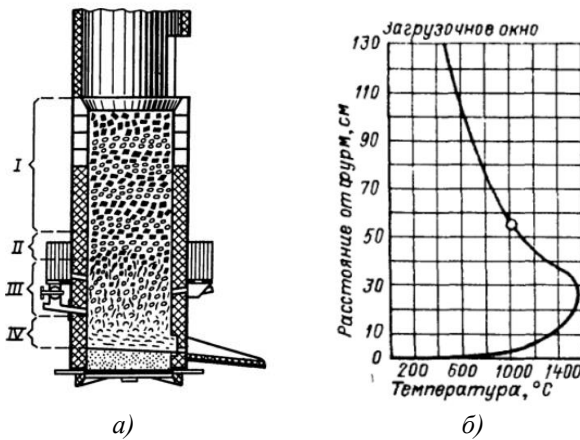
Напольное покрытие во многом обеспечивает функционирование плавильного цеха, служит опорой при выполнении технологических и транспортных операций, его качество определяет скорость перемещения внутри цеха и безопасность выполнения работ.

Напольные покрытия производственных помещений должны иметь ровную, удобную для очистки поверхность, быть стойкими к механическим и температурным воздействиям. Они могут выполняться из разнообразных материалов (деревянные в виде торцевых шашек, бетонные, асфальтовые, кирпичные). В литейных цехах полы чаще всего металлические или из металлических плит, в зависимости от типа цеха и технологического процесса [1]. Правильный выбор материала позволит обеспечить достаточную надежность наполь-

ного покрытия, повысить срок службы, а также сократить затраты на обслуживание.

Условия в литейном цеху неизбежно сопряжены с повышенными температурами. Источниками тепла является как сам плавильный агрегат, так и расплавленный металл, который может попадать на напольное покрытие и приводить к его порче. Для обоснованного выбора материала напольного покрытия участка ваграночной плавки проанализируем температуры, возникающие в процессе плавки, выпуска и разлива металла.

Вагранкой называется шахтная печь, предназначенная для плавки чугуна. Вагранку принято делить на четыре зоны, характеризующиеся протекающими процессами и развиваемыми температурами (рисунок 1) [2].



**Рис. 1. Температуры в вагранке:**

*а)* температурные зоны вагранки;

*б)* распределение температур по высоте вагранки

Первая зона самая протяженная, в ней происходит подогрев шихты. В нижней части зоны температура может достигать 1150-1200 °С. Далее следует зона плавления, характеризующаяся температурами 1200-1450 °С. В третьей зоне расплавленный металл перегревается, температуры могут достигать 1600 °С (рисунок 1, б). В четвертой зоне температуры несколько снижаются из-за недостатка кислорода [2, 3].

Оптимальные температуры разливки чугуна приведены в таблице 1 и могут колебаться от 1290 до 1400 °С в зависимости от марки и характера отливки [4].

**Таблица 1. Требуемые температуры расплава при выпуске и заливке форм**

Характеристика отливок	Температура расплава	
	при выпуске из плавильной печи, °С	при заливке литейных форм, °С (не ниже)
Мелкие	1380	1300-1320
Средние	1360-1380	1300-1320
Крупные, очень крупные	1360-1380	1290-1300
Тонкостенные (средние, крупные, очень крупные)	1380-1400	1320-1330

Исходя из вышеизложенного нами были проанализированы свойства различных напольных покрытий производственных помещений. В таблице 2 представлены напольные покрытия, обладающие наилучшими тепловыми свойствами.

**Таблица 2. Механические и тепловые свойства напольных покрытий**

Вид покрытия	Удельное давление от сосредоточенных нагрузок Н/см <sup>2</sup>	Масса предметов, кг, падающих с высоты 1 м	Допустимая температура нагревания покрытия, °С
Жаропрочный бетон на портландцементе с хромитом и заполнителем из шлака	500	10	600
Чугунные плиты с опорными выступами по прослойке из песка	3 т на плиту	10	1400
Плиты из жаростойкого бетона на портландцементе с хромитом и заполнителем из шлака по прослойке из песка	500	10	600
Глинобитное	50	5	500

Несмотря на то, что глинобитное покрытие выдерживает достаточно высокие температуры, не допускает волочения предметов с острыми углами и ребрами. Оно не стойко к падению предметов и давлению сосредоточенных нагрузок [1].

Жаропрочный бетон и плиты из жаропрочного бетона (покрытия 1 и 3, таблица 2) имеют одинаковую устойчивость к воздействию механических и тепловых нагрузок и одинаково хорошо подходят для напольных покрытий литейных цехов [1]. При этом для приготовления бетона следует использовать

портландцемент арки не ниже 400. В зонах нагрева пола выше 400 °С рекомендуется использовать армирование бетона стальной сеткой из арматуры диаметром 5-6 мм, которую размещают на глубине 30 мм от поверхности покрытия [1].

В тех местах, где возможно попадание расплавленного металла на напольное покрытие (на участках выпуска и заливки форм) наиболее предпочтительным будет выбор чугунных плит с опорными выступами, поскольку только они способны выдерживать воздействия температур до 1400 °С [1, 5].

Таким образом установлено, что оптимальным напольным покрытием на участке ваграночной плавки будет являться комбинация плит из жаропрочного бетона и чугуна с опорными выступами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полы. Технические требования и правила проектирования, устройства, приемки, эксплуатации и ремонта. Свод правил (в развитие СНиП 2.03.13-88 “Полы” и СНиП 3.04.01-87 “Изоляционные и отделочные покрытия”). Утвержден 27.02.2004 ОАО ЦНИИПромзданий.
2. *Литницкий, А.М.* Плавка чугуна и сплавов цветных металлов. Ленинград: Машиностроение. 1973.– 192 с.
3. Ваграночный процесс плавки чугуна: учебное пособие / В.И. Матюхин, В.В. Мадисон, В.Б. Польш, С.В. Брусницын, И.А. Вайс. Екатеринбург: ГОУ ВПО Уральский государственный технический университет-УПИ, 2003. 158 с.
4. *Абрамов Г.Г.* Справочник молодого литейщика: Литье в песчано-глинистые формы: Справочник для сред. проф.-техн. учеб. заведений. М.: Высш. школа, 1978. 199 с.
5. *Кривцов Б.П.* Плиточные, мозаичные и ксилолитовые работы / Б.П. Кривцов, И.Г. Шапиро. М.: Высш. школа, 1969. 320 с.

# СЕКЦИЯ «ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

УДК 681.3.068

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НЕСКОЛЬКИХ СЕРВИСОВ В КОНТЕКСТЕ МИКРОСЕРВИСНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

**В.С. Пашичев, Т.К. Ивашковская**

Научный руководитель – **Т.К. Ивашковская**, канд. физ-мат. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Проводится выбор для дальнейшей разработки архитектуры сервиса чат-бота, с рассмотрением возможностей взаимодействия частей сервиса как микросервисов. В работе рассматриваются общие принципы микросервисной архитектуры и способов взаимодействия микросервисов в ней.*

**Ключевые слова:** микросервисы, микросервисная архитектура, http, брокер сообщений, чат-бот

## INTERACTION OF SEVERAL SERVICES IN THE MICROSERVICE ARCHITECTURE

**V.S. Pashichev, T.K. Ivashkovskaya**

Scientific Supervisor – **T.K. Ivashkovskaya**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*A choice is made for the further development of the architecture of the chatbot service, considering the possibilities of interaction between parts of the service as microservices. The paper discusses the general principles of microservice architecture and how microservices interact in it.*

**Keywords:** microservices, microservice architecture, http, message borker, chat-bot

В работе проводится обзор связи трех сервисов в контексте микросервисной архитектуры сервиса чат-бота для нескольких источников.

Необходимо разработать чат-бота, который смог бы одинаково отвечать пользователю в разных источниках, а так же синхронизировать данные между собой. Ввиду того, что источников может быть бесконечно много, было принято решение раздробить единый сервис чат-бота, содержащий в себе всю логику, на несколько более мелких сервисов, каждый из которых бы выполнял свою функцию, согласно микросервисной архитектуре.

В результате получились следующие сервисы:

1. Сервис данных пользователя
2. Сервис команда чат-боту
3. Сервисы, представляющие собой каналы взаимодействия с пользователями (Telegram, Discord, VK, Twitch)

Каждый сервис реализует только один функционал, за который он отвечает, а так же ему неизвестно, где его данные и результаты работы будут использоваться. Так, сервис данных пользователя отвечает за данные пользователя, их создание, обработку и изменение и ничего не знает о том, где эти данные используются. Ему просто приходит запрос на изменение или получение этих данных. Сервис команд так же не знает, как работают другие сервисы и как будут использоваться результаты выполнения его команд. Сервисы-каналы так же выполняют лишь одну функцию - приема и отправки сообщений. Данные концепции так же реализуют принципы SOLID[1]. Схема взаимодействия выглядит следующим образом и представлена на рисунке 1.

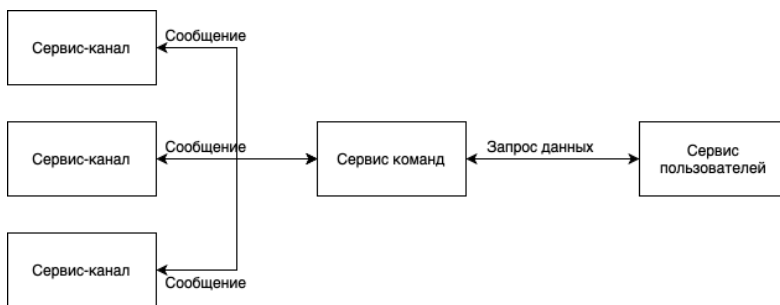


Рис. 1. Схема работы сервиса

Пользователь пишет сообщение или команду в сервис-канал, например, чат-бот Telegram. Сервис пересылает это сообщение сервису команд, добавляя различную служебную информацию. Сервис команд в свою очередь обрабатывает это сообщение, в случае, если такая команда есть - выполняет её, при необходимости запрашивая данные у сервиса пользователей. После чего шлет сервису-каналу запрос на отправку сообщения-ответа. Таким образом взаимодействие происходит асинхронно.

Для установки взаимодействия мы имеем два варианта решения:

1. Классические HTTP-запросы GET, POST, PUT и т.д.



## 2. Взаимодействие через брокера сообщений

В первом варианте наши сервисы или будут знать, по какому url какой сервис доступен, либо же это будет знать еще один сервис, к которому будут поступать все запросы и он уже будет их выполнять, возвращая ответ, исполняя роль прокси-сервиса. В случае таких взаимодействий при появлении каждого нового канала сообщений нам будет необходимо добавлять в настройки url этого канала.

Во втором варианте у нас будет использоваться брокер сообщений, схема работы которого представлена на рисунке 2.



**Рис. 2. Схема работы брокера сообщений**

Взаимодействие через брокера сообщений происходит следующим образом: сервис отправляет сообщение в брокер с определенной темой (topic) и группой получателей. Брокер сообщений доставит это сообщение в группу получателя, после чего один из них заберет это сообщение и обработает. После чего он так же может отправить уже свое сообщение в ответ или в другие сервисы.

Данное взаимодействие позволяет решить несколько проблем, которые возникают при использовании классического HTTP:

1. При брокере сообщений нет необходимости каждому сервису знать о других. Он отправляет свое сообщение в топик, после чего уже оно будет кем-то обработано.

2. Брокер сообщений гарантирует доставку. В случае, если принимающий сервис по какой-то причине откажет, брокер доставит сообщение, когда сервис вновь станет работоспособным.

Однако данное взаимодействие так же может доставить некоторые проблемы на стадии кодирования, такие как синхронизация сообщений. Так как брокер сообщений работает асинхронно, то программистам будет необходимо решить проблему получения ответа от сервиса. Эта проблема может быть решена путем присвоения каждому запросу уникального идентификатора UUID. Таким образом, при взаимодействии сервиса пользователей и команд, сервис команд, в случае, если ему будет нужно не только изменение данных, а получение, будет присваивать UUID сообщению, который сервис пользователей вернет вместе с данными. По этому UUID и будет определено, на какой запрос был получен ответ.

В случае реализации на языке программирования, например, Java и фреймворке SpringBoot, может использоваться Future, хранимых в Map с ключем в виде UUID.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мартин Р.* Чистая архитектура. Искусство разработки программного обеспечения. СПб.: Питер, 2018. 352 с.

**ОБ АЛГОРИТМАХ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ  
ВЫРАВНИВАНИЕМ ЗАДАВАЕМОГО КОЛИЧЕСТВА  
ДИАПАЗОНОВ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫХ ЧАСТОТНЫМИ  
И ИНФОРМАЦИОННЫМИ УРОВНЯМИ**

**С.А. Валов, А.Б. Раухваргер**

Научный руководитель – **А.Б. Раухваргер**, канд. физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Улучшены два алгоритма изменения контраста изображения, основанные на вычислении частотной медианы, в первом случае и информационная медианы, во втором случае, яркостной гистограммы изображения. Улучшение состоит в следующем: разбиение гистограммы изображения на заданное количество областей, каждое из которых равномерно деформируется, и медиана каждой из областей перемещается в центр.*

***Ключевые слова:** цифровое изображение, алгоритм, количество информации, гистограмма цифрового изображения, медиана.*

**ABOUT IMAGE PROCESSING ALGORITHMS BY ALIGNMENT  
OF A GIVEN NUMBER OF RANGES DEFINED BY FREQUENCY  
AND INFORMATION LEVELS**

**S.A. Valov, A.B. Rauhvarger**

Scientific Supervisor – **A.B. Rauhvarger**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Two algorithms for changing the image contrast based on the calculation of the brightness image histogram of the frequency median in the first case and on the information median, in the second has been improved. The improvement is as follows: the image histogram splits into a given number of areas, each of which is uniformly deformed, so that the median of each moves to the center.*

***Keywords:** digital image, the algorithm, the amount of information, the histogram of a digital image, median*

Главным вопросом при разработке алгоритмов различимости объектов, присутствующих на изображении, является адаптация яркости пикселей к особенностям графического отображения [1]. Сужение и расширение диапазона гистограммы изображения является главным правилом разработки таких алгоритмов.

Ранее предложенные алгоритмы [2] выравнивания частотной и информационной медиан яркостной гистограммы цифрового изображения, производят изменения различия объектов, используя два уровня разбиения гистограммы. Данные алгоритмы зарекомендовали себя на малоконтрастных изображениях, для которых интенсивно выражены участки гистограммы с высокими частотами. Изображение, после обработки ранее предложенными алгоритмами, отличается большой различимостью объектов в темных участках, и могут проявляться детали ранее не различимые на исходном кадре.

Для обработки слабоконтрастных изображений предлагается модернизировать алгоритмы выравнивания частотной и информационной медиан яркостной гистограммы цифрового изображения, с целью улучшения результата различимости объектов в темных участках изображения и светлых образцов вблизи.

Гистограмма цифрового изображения делится на задаваемое число интервалов ( $n$ ) двумя способами.

1. В интервалах равные доли значений яркости (суммы частот).
2. В интервалах равные вклады в количество яркостной информации (суммы вкладов отдельных значений).

Далее в обоих случаях происходит деформация гистограммы с выравниванием полученных интервалов.

Сказанное можно выразить следующими формулами.

Определение частотных уровней (границ интервалов):

$$y_0 = 0; y_n = 255; \sum_{j=y_{i-1}}^{y_i} \omega_j = \frac{1}{n}, \text{ для } i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

Определение информационных уровней (границ интервалов):

$$y_0 = 0; y_n = 255; \sum_{j=y_{i-1}}^{y_i} \omega_j \log_2 \frac{1}{\omega_j} = \frac{Q}{n}, \text{ для } i = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

где  $y_i$  - точки уровней (границы интервалов),  $n$  – число интервалов.

$$Q = \sum_{j=0}^{255} \omega_j \log_2 \frac{1}{\omega_j}, \quad (3)$$

$\omega_j$  - глобальная частота значения яркости  $j$  в изображении.

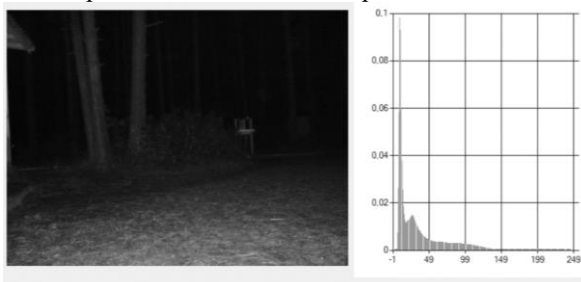
Далее, в обоих случаях производится преобразование интервалов, на которые медиана делит шкалу яркости, перемещающее медиану в центр шкалы, то есть определение новых значений яркости (деформация гистограммы), по формулам:

$$\begin{aligned}
 z[0] &= 0 & z_0 &= y_0 = 0 & z_n &= y_n = 255 \\
 d_i &= \frac{z_{i+1} - z_i}{y_{i+1} - y_i}, & y_i &< y \leq y_{i+1}, & i &= 0, 1, 2, \dots, n-1 \\
 z[y] &= z_i + d_i(y - y_i), & y_i &< y \leq y_{i+1} & i &= 0, 1, 2, \dots, n-1
 \end{aligned} \tag{4}$$

где  $y, z$  – новое значение яркости пикселей с исходной яркостью  $y$ .

На основе полученного результата, выполненного специально разработанной программой, проведены исследования. Данные исследования подтверждают целесообразность улучшения алгоритмов выравнивания частотной и информационной медианой яркостной гистограммы цифрового изображения.

На рисунке 1 приведено исходное изображение и его гистограмма.

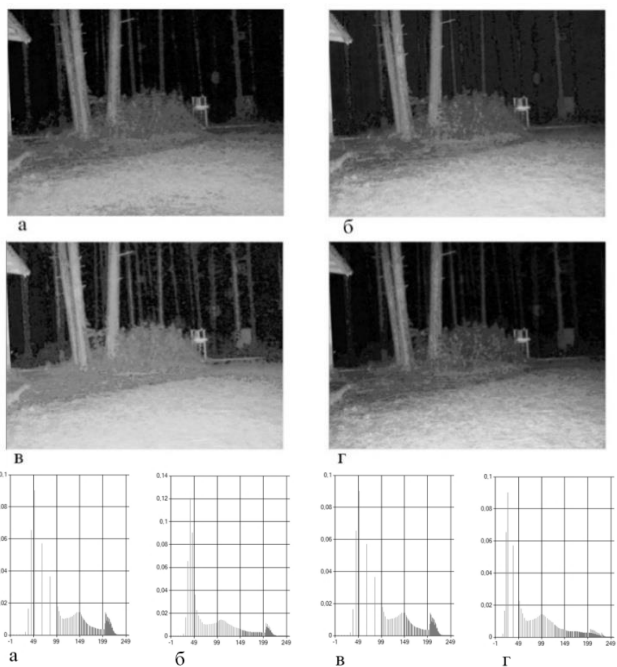


**Рис. 1. Исходное изображение с соответствующей гистограммой частот яркости**

Исходное изображение было подвергнуто деформации на 5 и 10 участков улучшенными алгоритмами, результат приведен на рисунке 2 с соответствующими гистограммами частот яркости. Для всех из результатов прослеживается отсутствие засветления участков.

После обработки новыми алгоритмами на гистограммах можно заметить, что некоторые диапазоны растягиваются более равномерно, чем при использовании двухуровневых алгоритмов частотной и информационной деформации. Если использовать улучшенный алгоритм частотной деформации улучшается видимость и очертания темных областей изображения, в то же время на основе улучшенного информационного алгоритма можно наблюдать четкие контуры в светлых участках изображения.

Использование алгоритмов обработки изображений, основанных на выравнивании диапазонов яркостной гистограммы, определяемые частотными и информационными уровнями, дает преимущество над младшими версиями алгоритмов, для оптимизации различимости деталей.



**Рис. 2. Результаты обработки улучшенными алгоритмами выравнивания медиан:**  
*а* – частотный,  $n=5$ ; *б* – информационный,  $n=5$ ; *в* – частотный,  $n=10$ ;  
*г* – информационный,  $n=10$

Данное исследование позволяет сделать предположение: для получения оптимального результата следует комбинировать данные алгоритмы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Теория информации: учебник для вузов / В.Т. Еременко, В.А. Минаев, А.П. Фисун, И.С. Константинов, А.В. Коськин, В.А. Зернов, ЮА. Белевская, С.В. Дворянкин. Орел: ОрелГТУ, ОГУ, 2010. 443 с.
2. Раухваргер А.Б. Алгоритм выравнивания частотной и информационной медиан яркостной гистограммы цифрового изображения / А.Б. Раухваргер, С.А. Валов, Е.Н. Юргенсон; под общ. ред. А. А. Большакова // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 10. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2020. 140 с

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ЯРКОСТНО-КОНТРАСТНОЙ ЛУПЫ

**П.А. Дурандин, А.Б. Раухваргер**

Научный руководитель – **А.Б. Раухваргер**, канд. физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Исследование различных технологий, которые позволяют улучшить качество, скорость и комфортность работы яркостно-контрастной лупы.*

**Ключевые слова:** цифровые изображения, обработка цифровых изображений, яркость, контрастность.

## STUDYING WAYS TO IMPROVE THE BRIGHTNESS-CONTRAST MAGNIFIER

**P.A. Durandin, A.B. Raukhvarger**

Scientific Supervisor – **A.B. Raukhvarger**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Research of various technologies that can improve the quality, speed and comfort of the brightness-contrast magnifier.*

**Keywords:** digital images, digital image processing, brightness, contrast.

Очень часто при фотографировании в ночное время суток или в темных помещениях достаточно сложно получить четкие и детализированные изображения. Цифровые изображения получаются достаточно темными с небольшими очертаниями объектов или с различными искажениями, так называемыми «артефактами». С этими проблемами могут столкнуться сотрудники криминалистики или в системе видеонаблюдения.

Для решения этих недостатков применяются различные алгоритмы обработки цифровых изображений. Чаще всего применяются алгоритмы для обработки всего изображения, что на некоторых типах изображений часть изображения может стать более детализированной, а в другой части появиться искажения или артефакты. Одним из решений данной проблемы был алгоритм «Алгоритм яркостно-контрастной лупы для усиления локальной различимости

деталей цифровых изображений», который был разработан в университете ЯГТУ.

Обработка над изображениями, слабо реагирующими на глобальные преобразования, показывает эффективность предложенного алгоритма. При локальном выделении слабоконтрастного фрагмента можно рассмотреть еле заметные или вообще не видимые объекты. Регулировка пользовательскими параметрами позволяет более точно настроить видимость малозаметных объектов и поднимает информативность изображения в целом. Было выявлено, что рабочая зона вводимых параметров средней яркости от 0 до 100, а средняя контрастность от 0 до 150. При использовании значений выше этих показателей различимость деталей падает в разы, что доказывает бесполезность их использования. Данный алгоритм работает намного быстрее, чем при глобальном преобразовании всего изображения. Это доказывает эффективность работы данного алгоритма. Пример работы разработанного подхода можно посмотреть на рисунке 1.



**Рис. 1. Обработка фрагмента:**

а) исходное изображение,

б) обработанная копия выделенного фрагмента при  $\bar{z} = 50$  и  $\sigma_z = 110$

Программа, реализующая яркостно-контрастную лупу, является расширяемой и в нее можно добавить различные алгоритмы, которые позволяют улучшить качество, скорость и комфортность работы в программе.

Поэтому были выяснены проблемы и возможные пути усовершенствования яркостно-контрастной лупы.

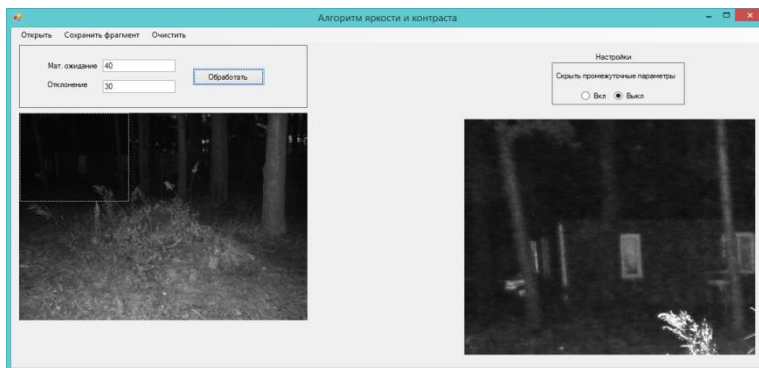
В статье «Ускоренная яркостно-контрастная лупа цифрового изображения с бикубической интерполяцией» опубликованной в сборнике ЯГТУ «Семьдесят третья всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием» [1] были исследованы, предоставлены и реализованы возможные способы ускорения обработки изображения, а также предоставлен алгоритм, позволяющий улучшить детализацию локального фрагмента цифрового изображения.

Поскольку программа является конечным продуктом, которым будет пользоваться обычный пользователь, внешний вид программы должен быть



понятным, удобным и привлекательным. При тестировании и разработке алгоритмов, чаще всего на внешний вид практически не уделяют времени, поскольку главное разработчику посмотреть, как работает алгоритм.

На рисунке 2 можно увидеть интерфейс программы «Алгоритм яркости и контраста», в котором реализован алгоритм яркостно-контрастной лупы. Как можно заметить интерфейс выглядит простым, но менее привлекательным и недостаточно удобным.



**Рис. 2. Интерфейс программы «Яркостно-контрастная лупа»**

Поскольку программа реализована на языке C#. Компания Microsoft разработала технологию WPF (Windows Presentation Foundation), которая является частью экосистемы платформы .NET и представляет собой подсистему для построения графических интерфейсов.

Данная технология позволит создать более удобный и привлекательный интерфейс за счет добавления собственных стилей, шаблонов. тем. За счет внедрения данной технологии в проект возможно также увеличится скорость обработки изображения из-за своих встроенных модулей и алгоритмов [2].

При работе с программой можно заметить, что все изображения загружаются и преобразуются в оттенках серого. Это связано с тем, что первоначальное тестирование алгоритмов, связанных с изменением яркости и контраста для улучшения деталей изображения, следует проводить на изображениях в оттенках серого, так как переход на цветные изображения порождает дополнительные проблемы. При исследовании алгоритмов обработки изображения в цветном варианте, сложно уследить за всеми цветами, что обуславливает появление различных искажений, так называемых «артефактов».

Однако конечная цель таких алгоритмов предполагает использование их именно для цветных изображений.

Для решения данной проблемы существуют алгоритм яркостно-контрастных преобразований, производящий растяжение яркостной гисто-

граммы увеличением разностей яркости соседних пикселей пропорционально их частотам.

Данный алгоритм позволяет сохранить насыщенность цвета пикселей, а также исключает появления точек и пятен, не соответствующего общему оттенку цвета области.

Поскольку алгоритм яркостно-контрастной лупы построен на основании телевизионного алгоритма, а предложенный алгоритм хорошо взаимодействует с телевизионным алгоритмом, это позволит без каких-либо проблем преобразовывать цветные изображения без различных искажений [3].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дурандин П.А.* Ускоренная яркостно-контрастная лупа цифрового изображения с бикубической интерполяцией / П.А. Дурандин, А.Б. Раухваргер // Семьдесят третья всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международ. участием. 20 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 2 ч. Ч. 1 [Электронный ресурс]. Ярославль : Издательство ЯГТУ, 2020. 1287 с.
2. Особенности платформы WPF. URL: <https://metanit.com/sharp/wpf/1.php>
3. *Раухваргер А.Б.* Об управлении перемещением пикселя в RGB-пространстве при яркостно-контрастных преобразованиях цветных цифровых изображений и алгоритме частотно-пропорционального растяжения // Математика и естественные науки. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 15.— Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2020. 248с.

**О ПУТЯХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ АЛГОРИТМА ЧАСТОТНО-ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО РАСТЯЖЕНИЯ  
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ  
В ЛОКАЛЬНО-ФРАГМЕНТАРНОЙ СХЕМЕ**

**А.С. Киселев, А.Б. Раухваргер**

Научный руководитель – **А.Б. Раухваргер**, канд. физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрены методы ускорения алгоритма частотно-пропорционального растяжения, в локально-фрагментарном подходе к обработке цифровых изображений. Рассмотрен метод реализации алгоритмов яркостно-контрастных для цветных изображений.*

**Ключевые слова:** цифровые изображения, цветные изображения, обработка цифровых изображений, алгоритм частотно-пропорционального растяжения, локально-фрагментарный подход.

**WAYS TO IMPROVE THE FREQUENCY-PROPORTIONAL  
STRETCHING ALGORITHM FOR DIGITAL IMAGE PROCESSING  
IN A LOCAL-FRAGMENTAL SCHEME**

**A.S. Kiselev, A.B. Raukhvarger**

Scientific Supervisor – **A.B. Raukhvarger**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Methods of acceleration of the frequency-proportional stretching algorithm in the local-fragmentary approach to digital image processing are considered. A method for implementing brightness-contrast algorithms for color images is considered.*

**Keywords:** digital images, color images, processing of digital image, frequency proportional stretching algorithm, locally fragmented approach.

Основная идея алгоритма частотно-пропорционального растяжения [1] заключается в том, чтобы увеличить различие яркостей между пикселями с наиболее часто встречающимися значениями. Первым делом вычисляется гистограмма частот  $w_i$  значений яркостей  $i$  путем перебора всех пикселей изобраа-

жения. Далее производится изменение расстояний между значениями яркостей по правилу:

$$\begin{aligned}u_0 &= 0 \\d_i &= 0,5 + Q \cdot 256w_i, i \in [0,255] \\u_i &= u_{i-1} + d_{i-1} + d_i, i \in [1,255],\end{aligned}\tag{1}$$

где  $u_i$  – промежуточное новое значение яркостей пикселей с исходной яркостью  $i$ .

Новая шкала яркости  $u$  полученная по формуле (1) может выйти за предел 255, или наоборот сжаться. Поэтому она приводиться к исходному размеру по формулам:

$$\begin{aligned}V &= \frac{255}{u_{255}} \\z_{255} &= 255 \\z_i &= V \cdot u_i, i \in [0,254],\end{aligned}\tag{2}$$

где  $z_i$ – окончательное новое значение яркостей пикселей с исходной яркостью  $i$ .

При наличии на гистограмме яркостей пробелов они будут перераспределены так, чтобы пробелы между часто встречающимися значениями и соседними с ними увеличивались, а между редко встречающимися значениями и соседними с ними наоборот уменьшались. При отсутствии пробелов или при их малом количестве могут исчезнуть редко встречающиеся значения яркостей. Это означает утрату мелких, возможно не видимых для глаза деталей изображения, а также возможно появление точечных артефактов. Детали изображения с часто встречающимися яркостями станут более различимы во всех областях изображения. Для применения алгоритма по локально-фрагментарной схеме [2] требуется связать коэффициент перераспределения  $Q$  с коэффициентом изменения яркости  $k$  и наложить дополнительные ограничения [3].

Обработка каждого фрагмента изображения приводит к большому увеличению обрабатываемых пикселей. Например, при обработке изображения по глобальной схеме изображения 1920 на 1080 будет обработано в сумме 2 073 600 пикселей или 2,07 Мпикс. В тоже время при обработке того же изображения по локально-фрагментарной схеме будет обработано 17 864 010 000 пикселей или 17 864,01 Мпикс что превышает предшествующий результат больше чем в 8500 раз. Следственно с увеличением количества обрабатываемых пикселей увеличится и время обработки изображения. Данная ситуация требует решения проблемы уменьшения времени обработки. Первое средство ускорения алгоритма - это ускорение обращения к пикселям. Данное решение должно применяться в соответствии с языком, на котором реализуется алгоритм.

Так же рекомендуется обращаться к пикселям изображения только для ввода и вывода данных пикселей в массив. То есть перенести значения пара-

метров всех пикселей в отдельный массив, доступ к которому осуществляется гораздо быстрее. Далее проводятся все необходимые вычисления и изменения этого массива, и после завершения обработки осуществляется перевод этого массива в изображение. Так же это касается и локально-фрагментарной схемы. Пиксели фрагмента не должны браться из непосредственно изображения. В реализованной нами версии программы для каждого отдельного фрагмента создается собственный массив данных пикселей. Это замедляет ход работы программы, так как для создания каждого фрагмента требуется время. Количество фрагментов, которые необходимо обработать по алгоритму в локально-фрагментарной схеме определяется по формулам:

$$\begin{aligned} k_l &= l - f_l + 1, \\ k_h &= h - f_h + 1, \\ k &= k_h \cdot k_l, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $k$  – количество фрагментов для обработки,  $luh$  - длина и высота изображения,  $f_l f_h$  - длина и высота фрагмента соответственно.

Тогда для изображения 1920 на 1080 количество фрагментов для обработки будет равно 1 786 401. Именно столько раз программе нужно создать массив, заполнить и после обработки удалить. Данные процессы в таком большом количестве неизбежно увеличивают время обработки изображения. Из чего можно сделать вывод, что обрабатывать фрагмент лучше непосредственно в исходном массиве. Так же по возможности стоит уменьшить время самой обработки. Например, если оптимизировать процесс обработки пикселя хотя бы на 1 наносекунду, то для все того же изображения размером 1920 на 1080 суммарный выигрыш по времени будет составлять почти 18 секунд. Из этого можно сделать вывод, что для программной реализации стоит максимально оптимизировать процесс обработки пикселя.

Так же это касается и работы с цветом, так как для нее необходимо проводить дополнительные вычисления. Нами планируется осуществлять обработку цветных изображений, используя метод движения пикселя в RGB-пространстве [1]. Этот метод определяет траектории движения пикселя в RGB-пространстве для достижения максимального сохранения параметров цвета не связанных с яркостью и их корректировки для устранения артефактов связанных с хранением изображений в сжатых форматах и неточностью получения слабоконтрастных зон изображения.

Яркость пикселя определяется по формуле:

$$y = k_r r + k_g g + k_b b, \quad (4)$$

где  $k_r, k_g, k_b$  – коэффициенты учитывающие восприятие человеком цвета и особенности условий воспроизведения.

При увеличении яркости цветовые параметры пикселя  $r, g, b$  должны изменяться соответствующим образом двигаясь по пространству куба. Так как движение происходит только в объеме куба, накладываются дополнительные условия сохранения насыщенности. Из-за наложенных ограничений могут

возникать некоторые виды артефактов. ”В очень темных слабоконтрастных областях изображения могут содержаться не видимые глазом дефекты фотографирования и хранения в сжатых форматах, состоящие в малом отклонении цвета некоторых пикселей от общего фона. При увеличении яркости с сохранением насыщенности, в этом случае могут возникать точки и пятна, несоответствующего общему оттенку цвета области. Этого можно попытаться избежать уменьшением насыщенности.” [1].

Данный метод позволяет реализовать алгоритм частотно-пропорционального растяжения гистограммы цифрового изображения для цветных изображений. А в совокупности с предложенными методами ускорения метод движения пикселя в RGB-пространстве так же может позволить реализовать алгоритм в локально-фрагментарной схеме.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Раухваргер А.Б.* Об управлении перемещением пикселя в rgb-пространстве при яркостно-контрастных преобразованиях цветных цифровых изображений и алгоритме частотно-пропорционального растяжения //Математика и естественные науки. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 15. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2020. С. 231-244.
2. *Раухваргер А.Б.* Алгоритм локально-фрагментарного изменения контраста цифрового изображения / А.Б. Раухваргер, Р.И. Абунагимов; под общ. ред. А.А. Большакова // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. междунар. науч. конф. В 12 т. Т. 7. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2019. С. 7-10.
- 3 *Раухваргер А.Б.* О применении алгоритма частотно-пропорционального растяжения яркостной гистограммы цифрового изображения в локально-фрагментарной схеме / А.Б. Раухваргер, А.С. Киселев; под общ. ред. А.А. Большакова // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. междунар. науч. конф. В 12 т. Т. 5. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2020. С. 120-123.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНЫХ ПРЕИМУЩЕСТВ  
НАЛОЖЕНИЯ АЛГОРИТМА ЧАСТОТНО-  
ПРОПОРЦИОНАЛЬНОГО РАСТЯЖЕНИЯ  
И ТЕЛЕВИЗИОННОГО АЛГОРИТМА С КРАТНЫМ  
ИЗМЕНЕНИЕМ ЯРКОСТИ**

**В.Н. Коршунов, А.Б. Раухваргер**

Научный руководитель – **А.Б. Раухваргер**, канд. физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Предложен новый алгоритм наложения двух ранее представленных алгоритмов частотно-пропорционального растяжения и телевизионного с кратным изменением яркости. С использованием специально разработанной программы исследованы результаты преобразования изображений в оттенках серого этим алгоритмом с результатами преобразования алгоритмами частотно-пропорционального растяжения и телевизионного с кратным изменением яркости.*

***Ключевые слова:** цифровое изображение, алгоритм, гистограмма цифрового изображения, шкала яркости.*

**INVESTIGATION OF THE POSSIBLE BENEFITS  
OF SUPERIMPOSING THE FREQUENCY-PROPORTIONAL  
STRETCHING ALGORITHM AND THE TELEVISION ALGO-  
RITHM WITH MULTIPLE BRIGHTNESS CHANGES**

**V.N. Korshunov, A.B. Raikhvarger**

Scientific Supervisor – **A.B. Raikhvarger**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*A new algorithm for superposition of two previously presented algorithms of frequency-proportional stretching and television with a multiple change in brightness is proposed. Using a specially developed program, the results of the conversion of images in grayscale by this algorithm with the results of conversion by the algorithms of frequency-proportional stretching and television with a multiple change in brightness are investigated.*

***Keywords:** digital image, algorithm, digital image histogram, brightness scale.*

Одной из сфер цифровой обработки изображений является процесс извлечения признаков из изображений вплоть до (или включая) распознавание отдельных областей или объектов, в частности, на слабоконтрастных изображениях [1].

Исследования предложенного ранее частотно-пропорционального растяжения гистограммы яркости [2] показывают, что существуют особые случаи, когда в слабоконтрастных изображениях имеются области со средним уровнем частот, с хорошо различимыми деталями. Непосредственное применение алгоритма в этих случаях, весьма сильно проявляя детали слабоконтрастных областей, нередко приводит к заметному снижению различимости в областях со средним уровнем частот.

Применение телевизионного алгоритма может дать лучший результат в этих областях по сравнению с частотно-пропорциональным растяжением, однако данный алгоритм имеет ряд существенных недостатков, в частности, ухудшается различимость в изображениях с явно выраженными светлыми или темными частями.

Идея заключается в том, чтобы получить две шкалы яркости, применив на исходном изображении два этих алгоритма, и по следующей формуле вычислить шкалу яркости для нового изображения:

$$x = kz_y + (1 - k)t_y, \quad (1)$$

где  $x$  — элемент новой шкалы;  $k$  — задаваемый коэффициент совмещения ( $k < 1$ );  $z_y$  — элемент шкалы яркости по алгоритму частотно-пропорционального растяжения;  $t_y$  — элемент шкалы яркости по телевизионному алгоритму

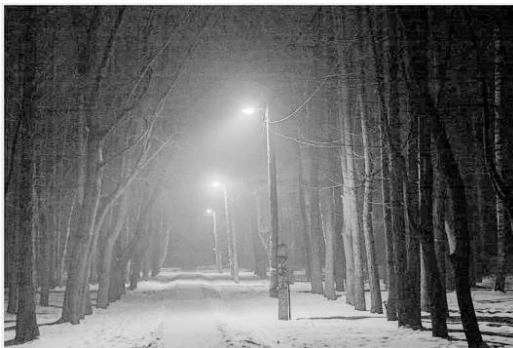


**Рис. 1. Исходное изображение**

На рисунке 1 приведено исходное изображение, на котором задний план практически монотонен, но хорошо различима тропа на переднем плане.



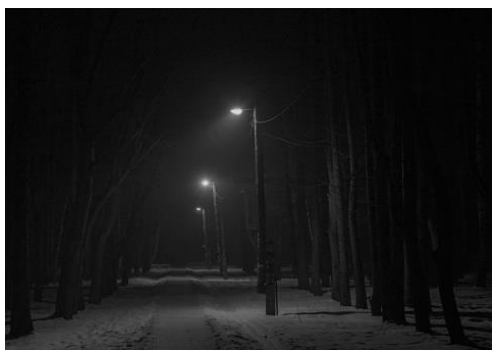
Обработка этого изображения по алгоритму частотно-пропорционального растяжения приводит к результату, показанному на рисунке 2.



**Рис. 2. Результат обработки по алгоритму частотно-пропорционального растяжения**

Детали на заднем фоне стали различимее, но источники освещения стали неестественно яркими, снижая различимость в центре изображения.

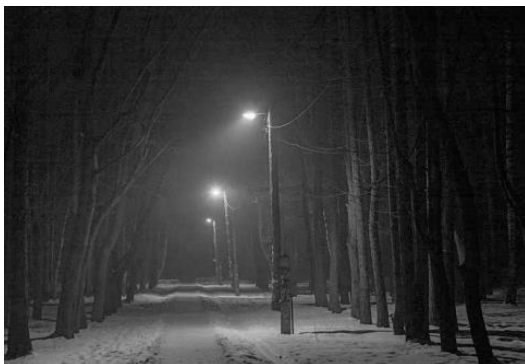
Обратная ситуация наблюдается с применением телевизионного алгоритма.



**Рис. 3. Результат обработки по телевизионному алгоритму**

На рисунке 3 мы видим, что по сравнению с предыдущей ситуацией освещение стало заметно мягче, но вновь упала различимость на заднем плане.

На рисунке 4 приведен результат обработки наложения алгоритмов при  $k = 0,6$ .



**Рис. 4. Результат применения наложения алгоритмов**

Здесь различается все, что различается на изображении на рисунке 2, но освещение такое же мягкое, как и на изображении на рисунке 3. Подобные результаты сравнений получаются и для других исследуемых изображений.

Таким образом, рассмотрена возможность обработки темных слабоконтрастных изображений наложением двух алгоритмов. С помощью разработанной программы проведены сравнительные исследования результатов обработки рассматриваемым способом с обработкой посредством частотно-пропорционального растяжения и телевизионного алгоритма на темных слабоконтрастных изображениях.

Установлено, что рассматриваемое преобразование для данного класса цифровых изображений эффективнее алгоритмов, с которыми проводилось сравнение, с точки зрения различимости деталей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гонсалес Р.* Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера. 2005. 1074 с.
2. *Раухваргер А.Б.* Об управлении перемещением пикселя в RGB-пространстве при яркостно-контрастных преобразованиях цветных цифровых изображений и алгоритме частотно-пропорционального растяжения // Математика и естественные науки. Теория и практика: Межвуз. сб. науч. тр. Вып. 15. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2020. С. 231-244.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ОСНОВАННОГО НА РАВНОМЕРНОЙ ДЕФОРМАЦИИ ЗАДАВАЕМЫХ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ ИНТЕРВАЛОВ ГИСТОГРАММЫ

**И.Ю. Кузнецов, А.Б. Раухваргер**

Научный руководитель - **А. Б. Раухваргер**, канд. физ.-мат. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Улучшен алгоритм растяжения бимодальных гистограмм яркости цифровых изображений, реализующий растягивание гистограммы частоты яркости по заданным параметрам. Улучшение состоит в следующем: пользователь сам визуально определяет интервалы гистограммы, которые необходимо деформировать.*

***Ключевые слова:** цифровое изображение, алгоритм, гистограмма яркости цифрового изображения, контраст, яркость.*

## INVESTIGATION OF THE CAPABILITIES OF AN IMAGE PRO- CESSING ALGORITHM BASED ON UNIFORM DEFORMATION OF USER - DEFINED HISTOGRAM INTERVALS

**I.Y. Kuznetsov, A.B. Raikhvarger**

Scientific Supervisor – **A. B. Raikhvarger**, Candidate of Physics and  
Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Improved algorithm for stretching bimodal brightness histograms of digital images, which implements the stretching of the brightness frequency histogram according to the specified parameters. The improvement is as follows: the user visually determines the intervals of the histogram that need to be deformed.*

***Keywords:** digital image, the algorithm, digital image brightness histogram, contrast, brightness.*

Разработка алгоритмов обработки цифровых изображений основана на работе с яркостной гистограммой изображений [1-3].

Предложенный алгоритм [2] основан на алгоритме частотно – пропорционального растяжения. Он увеличивает расстояния между значениями ярко-

сти пикселей с наиболее часто встречающимися значениями. В исходном алгоритме вычисляется гистограмма округленных значений яркости пикселей изображения, затем осуществляется изменение расстояния между яркостями. Алгоритм может быть использован для эффективного изменения контрастности черно – белого изображения с целью улучшения видимости отдельных деталей.

В предложенном алгоритме [3] деформация гистограммы яркостей происходит с заданными критериями разграничения интервалов. Затем области больших значений частот вблизи бимодальных пиков растягиваются за счет сжатия средней области гистограммы. Детали на средней удаленности и заднем плане становятся более различимы. Данный алгоритм приспособлен к изображениям с бимодальной гистограммой.

Для усовершенствования данного алгоритма пользователю предлагается разделить гистограмму яркостей на интервалы.

Деформация гистограммы яркостей задается следующими формулами:

$$z[0] = 0, \quad z_0 = y_0 = 0, \quad z_n = y_n = 255 \quad (1)$$

$$d_i = \frac{z_{i+1} - z_i}{y_{i+1} - y_i}, \quad y_i < y \leq y_{i+1} \quad i = 0, 1, 2, \dots, n - 1 \quad (2)$$

$$z[y] = z_i + d_i(y - y_i), \quad y_i < y \leq y_{i+1}, \quad i = 0, 1, 2, \dots, n - 1 \quad (3)$$

где  $y_i$  – исходное положение линии, указанное пользователем;

$z_i$  – новое положение линии, указанное пользователем;

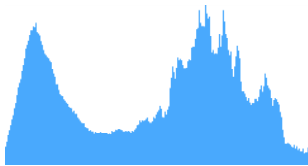
$z[y]$  – новое значение яркости пикселей.

На рисунке 1 представлено исходное изображение, над которым будет происходить преобразование, а на рисунке 2 - ее гистограмма яркостей.

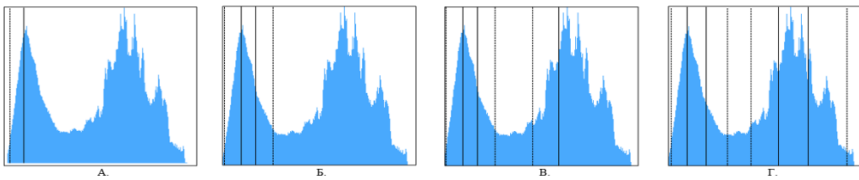
Проведено исследование с помощью разработанной программы, которое подтверждает целесообразность усовершенствования рассмотренного алгоритма. Исходное изображение обработано путём деления гистограммы яркостей на интервалы. В зависимости от определения деформации гистограмм яркостей на рисунке 3 изменяются результаты обработки изображений. На основе деформированных гистограмм на рисунке 4 происходит обработка изображений. На рисунке 5 прослеживается увеличение контрастности изображений.



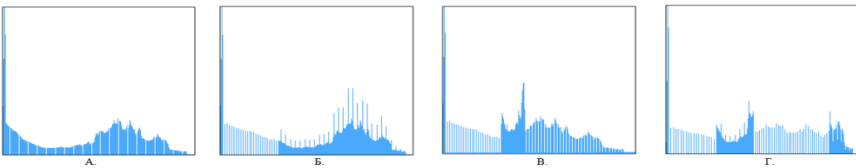
**Рис. 1. Исходное изображение**



**Рис. 2. Гистограмма яркостей исходного изображения**



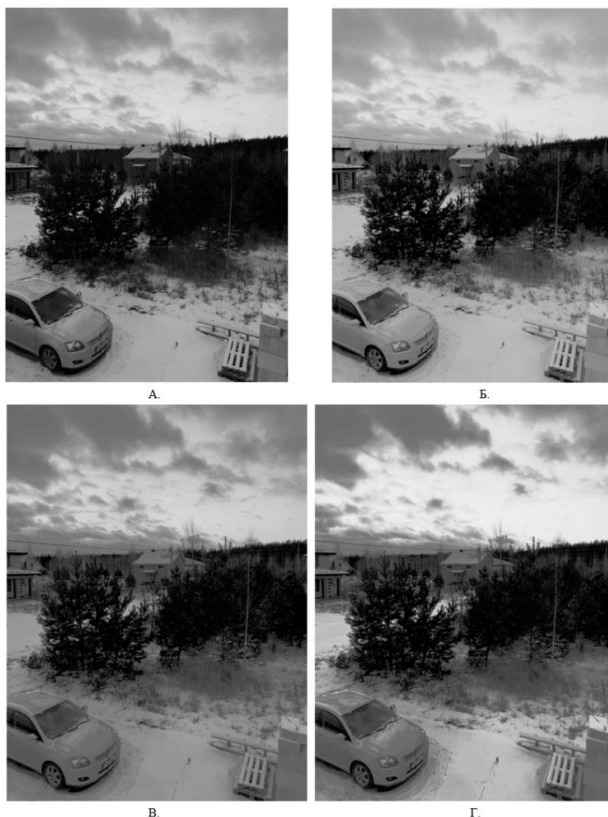
**Рис. 3. Определение деформации гистограмм яркостей**



**Рис. 4. Результаты деформации гистограмм яркостей**

Проведенное усовершенствование алгоритма растяжения бимодальных гистограмм яркостей цифровых изображений позволяет пользователю само-

стоятельно определять деформацию гистограмм, что делает алгоритм более универсальным при обработке изображений.



**Рис. 5. Результаты обработки изображений**

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гонсалес Р.* Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М: Техносфера, 2012. 1104 с.
2. *Голяков Д.О.* Алгоритм частотно – степенного растяжения / Д.О. Голяков, А.Б. Раухваргер; под общ. ред. А. А. Большакова // сб. тр. междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 10. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2020. 1026 с
3. *Раухваргер А.Б.* Алгоритм растяжения бимодальных гистограмм яркостей цифровых изображений / А.Б. Раухваргер, И.Ю. Кузнецов // Семьдесят третья всерос. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 20 апреля 2020 г., Ярославль: сб. материалов конф. В 2 ч. Ч. 1. Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 2020. С. 995-997.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦВЕТНОЙ МОДЕЛИ RGB ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

**В.А. Матвеев, А.Б. Раухваргер**

Научный руководитель – **А.Б. Раухваргер**, канд. физ.-мат. наук,  
доцент

*Планируется исследование преобразования цветной модели RGB для автоматизации спектрального анализа. В ходе исследования будет выявлено: сможет ли цветная модель RGB переведена в спектр.*

*Ключевые слова: модель RGB, спектр, спектральный анализ, длина волны.*

## STUDY OF THE POSSIBILITY OF USING THE RGB COLOR MODEL FOR AUTOMATION OF SPECTRAL ANALYSIS

**V.A. Matveev, A.B. Raukhvarger**

Scientific Supervisor – **A.B. Raukhvarger**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

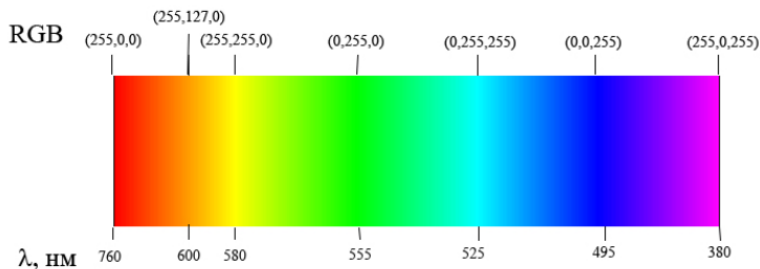
*It is planned to study the conversion of RGB color model to automate spectral analysis. In the course of the study, it will be revealed whether the RGB color model can be converted into a spectrum.*

*Keywords: RGB model, spectrum, spectral analysis, wavelength.*

Видимое излучение [1] - электромагнитные волны, представляющиеся человеческому глазу. Восприимчивость человеческого глаза к электромагнитному излучению напрямую зависит от длины волны излучения, при этом максимум приходится на 555 нм (540ТГц), в зелёной части спектра. Свет представляет собой э/м волну с интервалом длин волн: 380-760 нм (рисунок 1). В статье будет использоваться представление света с помощью длины волны [2]. Принято приравнивать следующие цвета модели RGB к длине волны:

- RGB: (255,0,0) – красный – (760 нм);
- RGB: (0,255,0) – зелёный – (555 нм);
- RGB: (255,255,0) – жёлтый – (580 нм);

- RGB: (0,0,255) – синий – (495 нм);
- RGB: (0,255,255) – голубой – (525 нм);
- RGB: (255,0,255) – фиолетовый – (380 нм);
- RGB: (255,127,0) – оранжевый – (600 нм).



**Рис. 1. Сплошной спектр видимого излучения**

В ходе исследования необходимо разработать программу, реализующую нахождение зависимости между R, G, B от конкретной длины волны. То есть на вход поступает фотография и пользователь указывает, в каком месте спектра нужно установить связь между длиной волны и риском пикселей. Это значит следующее: нужно выявить пропорциональность длины волны и положения на изображении пикселя. Пропорциональность вычисляется как отношение количества пикселей и длины волны.

После нахождения коэффициента связи модели RGB и длины волны пользователь может выбрать точку на фотографии, у этой точки определяются значения цветов RGB, и, зная пропорциональность, будет возможно вычислить значение длины волны.

Получив закономерность связи RGB с длиной волны можно исследовать конкретные спектры конкретных веществ. То есть исследовать спектры излучения или поглощения конкретных веществ. Это обусловлено тем, что атомы каждого химического элемента имеют строго установленные резонансные частоты, на которых они поглощают или излучают свет. Конечная цель – добиться, чтобы для известных спектров известных случаев определяла состав вещества.

К дополнительному функционалу программы необходимо добавить базу данных для хранения сведений о материалах (их частоты, названия), график с выводом на него значений параметров цвета R, G, B для упрощения исследования.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Приоров, А.Л.* Цифровая обработка изображений: учебное пособие / А.Л. Приоров, И.В. Апальков, В.В. Хрящев. Ярославль: ЯрГУ, 2007. 235 с.
2. Спектр видимого излучения в компьютерной графике. URL: <https://habr.com/ru/post/114265/> (дата обращения: 24.02.2021).

**ОБРАБОТКА ИЗОБРАЖЕНИЙ АЛГОРИТМОМ  
ДВУХУРОВНЕГО МЕДИАННОГО АНАЛИЗА  
С ПРИМЕНЕНИЕМ ЛОКАЛЬНО-ФРАГМЕНТАРНОЙ СХЕМЫ**

**Е.Н. Юргенсон, А.Б. Раухваргер**

Научный руководитель – **А.Б. Раухваргер**, канд. физ.-мат. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается возможность применения алгоритма двухуровневого медианного анализа с использованием локально-фрагментарной схемы к цифровым изображениям с целью увеличения различимости всех фрагментов изображения.*

***Ключевые слова:** различимость деталей, алгоритм, изображения, медианный анализ, локально-фрагментарная схема.*

**IMAGE PROCESSING BY ALGORITHM  
TWO-LEVEL MEDIAN ANALYSIS  
USING A LOCALLY FRAGMENTED SCHEME**

**E.N. Yurgenson, A.B. Raukhvarger**

Scientific Director - **A.B. Raukhvarger**, Candidate of Physics  
and Mathematics, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The possibility of applying a two-level median analysis algorithm using a locally fragmented scheme to digital images in order to increase the visibility of all fragments of the image is considered.*

***Keywords:** distinguishing details, algorithm, images, median analysis, locally fragmented scheme.*

Известные алгоритмы, позволяющие увеличить различимость деталей цифрового изображения, имеют ряд недостатков, одним из которых является неоптимальные манипуляции с фрагментами пикселей смежных яркостей.

Алгоритм медианного анализа [1] частично решает данную проблему, повышая различимость путем выравнивания глобальных медиан первого и второго уровня. Если гистограмма изображения изначально была сбалансирована так, что сдвиг медиан был не значительным, то и различимость фрагмен-

тов не сильно ухудшается. Это связано с тем, что алгоритм применяется ко всему изображению и малоразличимые и небольшие фрагменты слабо влияют на глобальные статистические характеристики.

В данной работе предложен подход, позволяющий обрабатывать изображение, учитывая статистические характеристики яркостей небольших фрагментов изображения. Для этого необходимо применить алгоритм двухуровневого медианного анализа в локально-фрагментарной схеме [2].

Для каждого локального фрагмента изображения вычисляется свои частотные или информационные медианы первого и второго уровня.

Частотные медианы  $Y_1, Y_2, Y_3$  вычисляется из условий

$$\sum_{i=0}^{Y_1} \omega_i = 0.25, \quad \sum_{i=0}^{Y_2} \omega_i = 0.5, \quad \sum_{i=0}^{Y_3} \omega_i = 0.75 \quad (1)$$

где  $\omega_i$  – частоты значений яркости пикселей  $i$  в интервале от 0 до 255,  $Y_2$  – медиана первого уровня,  $Y_1$  и  $Y_3$  – медианы второго уровня.

Информационные медианы вычисляется из следующих уравнений

$$Q = \sum_{i=0}^{255} \omega_i \log_2 \frac{1}{\omega_i} \quad (2)$$

$$\sum_{i=0}^{Y_1} \omega_i \log_2 \frac{1}{\omega_i} = 0.25 \cdot Q \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^{Y_2} \omega_i \log_2 \frac{1}{\omega_i} = 0.5 \cdot Q \quad (4)$$

$$\sum_{i=0}^{Y_3} \omega_i \log_2 \frac{1}{\omega_i} = 0.75 \cdot Q \quad (5)$$

где  $Q$  – среднее количество яркостной информации на пиксель фрагмента.

После определения медиан для обрабатываемого фрагмента выравниваем их путем изменение яркостей исходных пикселей по следующим формулам

$$d_i = \frac{z_{i+1} - z_i}{y_{i+1} - y_i}, \quad z_0 = y_0 = 0, \quad z_4 = y_4 = 255 \quad (6)$$

$$z[y] = z_i + d_i(y - y_i) \quad (7)$$

где  $z_i$  – новое положение  $i$  медианы в интервале от 0 до 255,  $y$  – исходная яркость пикселя,  $z[y]$  – новая яркость пикселя.

Получившиеся яркости пикселей фрагмента накладывается на новое изображение. После чего данный алгоритм повторяется над следующим фрагментом, согласно локально-фрагментарной схеме, сдвинутым на пиксель вправо. Смещение фрагмента вправо продолжается до тех пор, пока левая часть фрагмента не достигнет правой границы обрабатываемого изображения, далее начинается обработка новой полосы фрагментов, только уже сдвинутой на пиксель в низ. Данные манипуляции продолжаются, пока верхняя сторона

фрагмента не дойдет до нижней границы изображения. Если по ходу алгоритма встречается пиксель, яркость которого была изменена ранее, то результатом наложения будет среднеарифметическое значение текущей яркости пикселя и устанавливаемой.

Большую роль в данном алгоритме играют положения на гистограмме, к которым смещаются исходные медианы обрабатываемого фрагмента. Если принять, что медиана первого уровня смещается в положение с яркостью 127, а медианы второго уровня в положения 64 и 192 соответственно, то обработанное изображение выглядит неестественно вследствие нарушения соотношения средних яркостей различных частей изображения. Чтобы избежать таких искажений предлагается модифицировать алгоритм, учитывая глобальные медианы изображения.

Новые положения медиан фрагмента вычисляются по следующим формулам

$$z_2 = 127 + k \cdot (y_2 - y_{02}), \quad 0 \leq k \leq 0.5 \quad (8)$$

$$z_1 = \frac{z_2}{2} \quad (9)$$

$$z_3 = \frac{z_2 + 255}{2} \quad (10)$$

где  $z_2$  – медиана первого уровня,  $z_1$  и  $z_3$  – левая и правая медианы второго уровня,  $y_{02}$  – глобальная медиана первого уровня.

Манипулируя коэффициентом  $k$  можно добиться оптимального соотношения средних яркостей, чем больше коэффициент, тем большее естественность обработанного изображения. Слишком большие значения коэффициента могут повлиять на различимость деталей в худшую сторону, поэтому его стоит подбирать в зависимости от изображения. Выявление данной зависимости ещё предстоит исследовать.

Данный подход при правильно подобранных параметрах позволяет значительно улучшить различимость. В отличие от обычного алгоритма медианного анализа, детализация увеличивается на всех участках изображения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Раухваргер А.Б. О двухуровневых алгоритмах выравнивания частотной и информационной медиан яркостной гистограммы цифрового изображения / А.Б. Раухваргер, С.А. Валов., Е.Н. Юргенсон; под общ. ред. А.А. Большакова // Математические методы в технике и технологиях: сб. тр. междунар. науч. конф.: в 12 т. Т. 10. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2020. С. 32-35.
2. Раухваргер А.Б. Об алгоритме изменения контрастоцифрового изображения с учетом локальных статистических характеристик распределения яркости пикселей / А.Б. Раухваргер, Р.И. Абунагимов // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 2. С. 26–33.

## **АНАЛИТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ ТЕКУЩЕЙ УСПЕВАЕМОСТИ СТУДЕНТОВ СРЕДСТВАМИ POWER BI**

**А.А. Аракчеева, С.Ю. Бойков**

Научный руководитель – **С.Ю. Бойков**, канд. техн. наук

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрены основные факторы, влияющие на успеваемость студентов, преимущества аналитической обработки данных. Power BI представлен как инструмент повышения качества анализа текущей успеваемости.*

**Ключевые слова:** аналитическая обработка данных, высшее образование, успеваемость студентов.

## **ANALYTICAL PROCESSING OF THE CURRENT PROGRESS OF STUDENTS WITH MEANS OF POWER BI**

**A.A. Arakcheeva, S.Y. Boykov**

Scientific Supervisor – **S.Y. Boykov**, Candidate of Technical Sciences

Yaroslavl State Technological University

*The main factors affecting the performance of students and the benefits of the analytical data processing are considered. Power BI is presented as a tool to improve the quality of analysis of current progress.*

**Keywords:** analytical data processing, higher education, student progress.

Аналитическая обработка данных позволяет на большом объеме информации увидеть причинно-следственные связи и зависимости между студентами, дисциплинами и преподавателями. Для ВУЗа эта задача является одной из самых важных по ряду причин. Цель любого учебного заведения – осуществление образовательной деятельности. Для ее поддержания следует выстраивать учебный процесс таким образом, чтобы студенты могли получить достойное образование и достигнуть более высокого рейтинга на рынке труда. Это означает, что ВУЗ должен следить в первую очередь за образовательными программами и стремиться обновлять их и привносить новизну в подходы к обучению как можно чаще, поскольку мир меняется с каждым днем и в погоне за успехом, нужно быть на шаг впереди.

Цифровые технологии дают уникальный механизм для разностороннего развития современного ВУЗа. Например, для отслеживания успешности освоения образовательного контента, можно использовать «цифровой след» студента. По принципу электронного дневника можно контролировать посещаемость занятий и оценки по дисциплинам [1]. Кроме того, нужно фиксировать различного рода активности студента: участие в деятельности ВУЗа и в различных олимпиадах, участие и победы на конкурсах, выступление на конференциях и на форумах. Таким образом, можно на основе этих данных составить рейтинговую систему для того, чтобы студент сам мог наглядно увидеть свой прогресс и стремиться к большему. Это важно так же и для работодателей, ведь они могут предложить работу конкретным студентам, которые, по их мнению, заслуживают внимания.

Аналитическая обработка данных успеваемости студентов прежде всего нужна для того чтобы видеть прогресс групп и каждого по отдельности. Существует ряд причин, которые нужно учитывать в первую очередь, они, как правило, лежат на поверхности. Например, под конец семестра можно увидеть такую картину: у большинства студентов группы плохая успеваемость по конкретной дисциплине, но в то же время, по остальным дисциплинам все в пределах нормы. В данном случае, нужно проанализировать ситуацию глубже, скорее всего со стороны преподавателя. Необходимо проверить, есть ли у него в других группах или же по другим дисциплинам, которые он преподает, аналогичные проблемы. В зависимости от полученного результата, нужно принимать определенные меры. Это одна из причин, почему анализ успеваемости студентов важен.

Разберем и другую ситуацию. Абитуриент поступил в ВУЗ с высокими баллами по ЕГЭ, но спустя полгода или год, обнаруживается, что у него долги по учебе. Почему такое могло произойти? Приведем несколько факторов:

- 1) Смена обстановки и социализация в среде ВУЗа.
- 2) Подход к обучению противоположный школьному.
- 3) Семейные трудности.
- 4) Изначально неверно выбранная образовательная программа.
- 5) Неинтересное образование.
- 6) Неправильный подход к образованию.
- 7) Нехватка времени, например, из-за работы.

Каждая из этих причин может послужить поводом плохой успеваемости студента и каждый случай нужно прорабатывать лично. Вот еще один фактор того, что анализ данных важен для ВУЗа.

Для обработки такого большого объема информации по студентам, преподавателям и дисциплинам был выбран Power BI.

**Power BI** – это комплексное программное обеспечение, представляющее собой набор служб бизнес-аналитики с поддержкой облачных технологий для анализа и визуализации данных. Основное преимущество данной технологии – это возможность построения красивых информационных панелей

(dashboard), как правило, с ключевыми показателями деятельности компании, доступных на любом устройстве [2].

Рассмотрим следующие преимущества Power BI для ЯГТУ:

1) Power BI – продукт компании Microsoft. Сотрудники ВУЗа преимущественно работают на ОС Windows, а, значит, использование данного инструмента не составит труда. Интерфейс интуитивно понятен.

2) Поддержка русского языка. Далеко не все системы имеют официальный перевод, а это может затруднить работу для сотрудников.

3) Форум от Microsoft, где сотрудники смогут найти ответы на свои вопросы.

4) Интеграция с Excel и обновление данных в режиме реального времени. Множество полезной информации хранится в Excel, благодаря интеграции с данной программой можно перенести данные в Power BI и проводить анализ, не выполняя лишних действий по переносу информации.

5) Многообразие источников данных: файловые, базы данных, веб-службы и другие: Интернет, файлы Надоор.

Сотрудникам ВУЗа будут созданы различные информационные панели, благодаря которым можно будет с легкостью увидеть трудности в успеваемости студентов, тем самым действуя на опережение решения еще большей проблемы.

Аналитическая обработка данных текущей успеваемости студентов средствами Power BI позволит увидеть настоящую картину образовательного процесса в режиме реального времени. Это даст ВУЗу большие возможности: скорректировать и улучшить планы обучения для следующих потоков студентов; выявить проблемы, как студентов, так и преподавателей; получить обратную связь на текущее образование; сократить влияние субъективных факторов на процесс обучения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Мавлютова Г.А.* Цифровизация в современного высшем учебном заведении. 2018. URL: [https://cyberleninka.ru/article/n/\\_tsifrovizatsiya-v-sovremennom-vysshem-uchebnom-zavedenii/viewer](https://cyberleninka.ru/article/n/_tsifrovizatsiya-v-sovremennom-vysshem-uchebnom-zavedenii/viewer)

2. *Салостей С.В.* PowerBI: бизнес анализ и визуализация данных. URL: <https://finalytics.pro/inform/power-bi-analyz-vizualizatsiya/>

## О ЗНАЧИМОСТИ КОНТЕЙНЕРНОЙ ВИРТУАЛИЗАЦИИ НА БАЗЕ DOCKER В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

**И.Ю. Костикова, С.И. Моднов, С.Ю. Бойков**

Научный руководитель – **С.И. Моднов**,  
канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается подход к технологиям контейнеризации приложений посредством концепции программного обеспечения Docker.*

**Ключевые слова:** технологии контейнеризации, виртуализация, контейнерная виртуализация, облачные технологии, образ docker, контейнер.

## THE IMPORTANCE OF DOCKER-BASED CONTAINER VIRTUALIZATION IN THE LEARNING PROCESS

**I.Yu. Kostikova, S.I. Modnov, S.Yu. Boykov**

Scientific Supervisor - **S.I. Modnov**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*An approach to application containerization technologies through the Docker software concept is considered.*

**Keywords:** containerization technologies, virtualization, container virtualization, cloud technologies, docker image, container.

В современном мире необходимо, чтобы между системой, установленной у разработчика программных продуктов, и производственной средой была согласованность. Только достичь этого удастся крайне редко, потому что каждый человек вправе выбирать то, что подходит именно ему, исходя из его потребностей и предпочтений, в связи с этим невозможно заставить всех людей, тем более все организации, пользоваться единой системой.

Зачастую случаются такого рода ситуации, когда разрабатывается модель, код или создается приложение, которое функционирует на компьютере разработчика. Тем не менее, может возникнуть определенный ряд проблемы, когда ту же модель, код или приложение начнут запускать в тестовой или про-



изводственной среде. Причиной этому будет являться разница в вычислительной среде между производственной платформой и платформой разработчика. К примеру, такая ситуация возникнет если изначально разработка велась на операционной системе Windows 8.1, а на производстве используется операционная система Linux или Windows XP.

Технологии контейнеризации приложений могут являться хорошим решением данных проблем, поэтому они нашли широкое применение в сфере разработки программного обеспечения.

Контейнеризация (виртуализация на уровне операционной системы, контейнерная виртуализация, зонная виртуализация) — метод виртуализации, при котором ядро операционной системы поддерживает несколько изолированных экземпляров пространства пользователя вместо одного. Эти экземпляры (обычно называемые контейнерами или зонами) с точки зрения пользователя полностью идентичны отдельному экземпляру операционной системы. Ядро обеспечивает полную изолированность контейнеров, поэтому программы из разных контейнеров не могут воздействовать друг на друга [3].

Технологии контейнеризации позволяют повысить безопасность приложения, облегчить процесс его развертывания и улучшают возможность по его масштабированию. Контейнеризация применяется уже более десяти лет, и на данный момент около четверти лидирующих в сфере IT компаний задействуют данные технологии в своей работе, а примерно такое же количество компаний планируют приступить к этому в ближайшие годы.

Таким образом, рост и развитие технологий контейнеризации можно считать одним из важнейших трендов современности [1]. Сейчас на рынке имеется немало решений, которые представляют среды запуска контейнеров и оркестрации, например, CoreOS rkt, LXC, OpenVZ, containerd, Apache Mesos и Docker Swarm.

Рассмотрим одну из ведущих в мире платформ предназначенную для создания программных контейнеров. Docker — это программное обеспечение для автоматизации развёртывания и управления приложениями в средах с поддержкой контейнеризации [4]. Оно используется, чтобы обеспечить более эффективное использование ресурсов и системы, быстрое развертывание готовых приложений, а также сохранение стабильной работы при их масштабировании и переносе в другие среды.

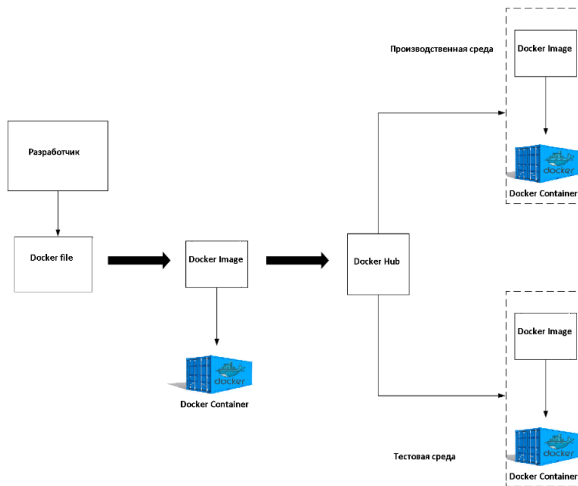
К преимуществам использования Docker можно отнести:

- минимальное потребление ресурсов, которое обеспечивается благодаря тому, что контейнеры используют ядро хоста и изолируют приложение на уровне процесса, а не виртуализируют всю операционную систему в целом;

- очень быстрое развертывание, т.к. используются уже готовые docker-образы, вместо установки вспомогательных компонентов. Не нужно каждый раз устанавливать и настраивать определенный программный продукт. Вместо этого программа единожды устанавливается, затем создается и постоянно используется уже образ, который при необходимости можно обновлять;

- удобное скрытие процессов, т.е. возможно для каждого контейнера выбрать разные методы обработки данных, скрывая фоновые процессы;
- работа с небезопасным кодом, т.е. благодаря тому, что контейнеры изолируются, можно без всяких опасений за работоспособность операционной системы запускать любой код;
- простое масштабирование;
- удобный запуск, поскольку приложения, которые находятся внутри контейнера, запускаются на любом docker-хосте.

Рассмотрим принцип работы Docker (см. рисунок 1).



**Рис. 1. Алгоритм работы Docker**

Сначала в файле Docker file разработчиком определяются все требования, т.е. программное обеспечение, модель, зависимости и т.д. Иначе говоря, перечень шагов, используемых для создания образа Docker.

Docker Image представляет из себя некий план, содержащий все программные приложения и зависимости, которые потребуются для запуска этого приложения в Docker. Можно сказать, что это готовое к работе приложения, но еще не запущенное.

DockerContainer – это примеры среды выполнения образа Docker. Таким образом на основе одного Docker Image можно создать любое количество одинаковых контейнеров Docker.

Docker Hub – официальный онлайн-репозиторий, предоставляющий возможность хранения и поиска всех образов Docker.

Когда происходит запуск Docker Image образуются Docker Container. Образы можно хранить в онлайн-облачном репозитории, или можно хранить в собственном репозитории или в любом элементе управления версиями. После

этого Docker Image можно использовать для создания контейнера Docker для различных сред. Затем все программы запускаются внутри контейнера как, например, для тестовой, так и для производственной среды. Таким образом, условия этих двух сред становятся одинаковыми, т.к. они работают в одном контейнере Docker[5].

Docker нашел применение во множестве сфер — начиная от обработки больших данных, заканчивая работой с микросервисами, которые основаны на распределенной архитектуре. Данная технология позволяет устраивать коллективную работу над одним проектом. То есть разработчики получают возможность работать удаленно на локальных компьютерах, а фрагменты кода пересылаются в контейнер тестовой среды.

Таким образом, Docker может стать отличным решением для организации дистанционного или заочного образования по тем дисциплинам, где требуется получение практических навыков, например, на тяжеловесных программных продуктах, при установке или настройке которых у студентов могут возникнуть различные проблемы [2]. Используя данную технологию преподавателю будет достаточно единожды установить и настроить приложение, запаковать его в образ и далее делиться им со студентами.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Изучаем Docker, часть 1: основы. URL: <https://habr.com/ru/company/ruvds/blog/438796/>
2. Костикова И.Ю. Цифровизация и виртуализация в образовании / И.Ю. Костикова, С.Ю. Бойков, А.С. Угрюмов // Ярославль: сб. материалов конф. 20 апреля 2020 г. В 2 ч. Ч. 1 [Электронный ресурс]. Ярославль: Издательство ЯГТУ, 2020. – 1287 с. 1 CD-ROM.
3. Контейнеризация. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Контейнеризация>.
4. Docker. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Docker>.
5. Docker - контейнеризация для Data scientist'ов. URL: <https://datastart.ru/blog/read/docker-konteynerizaciya-dlya-data-scientistov>.

## О СРЕДСТВАХ ВЕДЕНИЯ КОНКУРЕНТНОЙ РАЗВЕДКИ

**Д.А. Хабаров, Л.М. Ершова, А.В. Никитенко**

Научный руководитель – **А.В. Никитенко**, канд. пед. наук

Ярославский государственный технический университет

*В статье проведен анализ метода конкурентной разведки на предприятии и раскрыты основные средства ведения конкурентной разведки.*

**Ключевые слова:** конкуренция, конкурентная разведка, промышленный шпионаж, маркетинг.

## ON COMPETITIVE INTELLIGENCE MEANS

**D.A. Khabarov, L.M. Ershova, A.V. Nikitenko**

Scientific Supervisor – **A.V. Nikitenko**, Candidate of Pedagogical Science

Yaroslavl State Technical University

*The article analyzes the method of competitive intelligence at the enterprise and reveals the main means of conducting competitive intelligence.*

**Keywords:** competition, competitive intelligence, industrial espionage, marketing.

Основными задачами конкурентной разведки являются: пассивный сбор информации; аналитическая обработка огромного массива разнообразных открытых информационных материалов с целью извлечения информации из не прямых данных; разработка управленческих рекомендаций и решений; прогнозирование возможных действий конкурентов или изменений на рынке; доведение информации до заинтересованных лиц. При проведении конкурентной разведки используются официальные данные из специализированных изданий, книг, учебников, государственной и отраслевой статистики, баз данных, Интернета, рекламы, официальных отчетов предприятий, источников профессиональной информации о компаниях и персоналиях, патентных источников, информация, полученная при посещении выставок, ярмарок, семинаров, конференций и другое.

К источникам конкурентной разведки можно отнести людей, которые являются носителями необходимой информации, если информация от них получена без нарушения закона и в рамках этических норм. Для решения поставленных задач и обеспечения эффективной работы конкурентной разведки не обязательно на предприятии создавать специальный отдел. Эту работу могут выполнять действующие работники предприятия, если их обучить принципам работы разведки. Главное требование, чтобы специалист по конкурентной разведке понимал специфику работы предприятия, умел прогнозировать ситуацию на определенном рынке сквозь призму конкурентов, придерживался установленных правил игры. Следует отметить, что на предприятиях осознанно или подсознательно используются элементы конкурентной разведки в рамках деятельности службы безопасности, коммерческого отдела, отдела маркетинга, так как они неотделимы от основных функций. Процесс создания эффективной системы конкурентной разведки затратный по времени, так как требуется время на организацию этой деятельности, на наполнение соответствующих баз данных и знаний и налаживание контактов в среде экспертов, которые владеют информацией о ситуации на рынке и готовы поделиться информацией [4].

Специалистами по проведению деловой разведки используется широкий арсенал методов и приемов, который постоянно обновляется. При этом многие авторы отмечают малобюджетность большинства методов, применяемых в деловой разведке, при максимальном экономическом эффекте.

Методы получения исходных данных можно разделить на легальные (этичные), условно легальные (но скорее неэтичные) и нелегальные (преступные).

Нелегальные (преступные) методы получения исходных данных:

1. Получение информации у индивида: использование алчности, страха, авантюризма, симпатии к получателю, религиозных чувств, тщеславия, подкупа, шантажа, угроз, обмана, гипноза и т. п.;

2. Негласное получение данных из документов: скрытое снятие копий, перехват курьера, перлюстрация писем, обработка «мусора» (корзин, шредеров);

3. Получение данных с помощью технических средств: прослушивание радио-телефонных переговоров, перехват и перлюстрация электронной почты, отслеживание перемещений с помощью радиомаяка, использование радиозакладок, сканеров, оптических средств т.п.;

4. Получение данных с помощью негласного наблюдения за объектом: наблюдение за стационарным объектом, наблюдение за отдельным человеком, т.е. вмешательство в личную жизнь;

5. Похищение образцов продукции, аппаратуры, документов, как исходных данных.

Вышеописанные способы изъятия данных относятся скорее к методам промышленного шпионажа или экономической разведки и влекут за собой уголовную и административную ответственность. Кроме того, использование

подобных приемов чревато репутационными и материальными потерями для компании.

Поскольку существуют методы получения данных, грань легальности в которых достаточно условна, то выделим их в особую группу, дав название:

Условно легальные (неэтичные) методы получения данных [2]:

1. Получение данных с помощью псевдопопытки приглашения на работу специалистов, работающих в интересующих организациях;
2. Переманивание на работу сотрудников интересующих организаций;
3. Внедрение сотрудников в интересующую организацию;
4. Использование информации, полученной в результате личных контактов;
5. Получение инсайдерских данных;
6. Исследование промышленных отходов интересующей организации;
7. Использование случайно (непреднамеренно) полученной конфиденциальной информации о конкуренте.

Понятие «условно легальные» выбрано не случайно, поскольку санкции за данные методы не предусмотрены в уголовном законодательстве. Однако при попытке подкупить сотрудника при получении инсайдерских данных, или шантажировать его при приеме на работу, однозначно переводит тот или иной метод в категорию незаконных. В каждом конкретном случае все зависит от сотрудника, использующего методику.

Выделим следующие основные этические легальные методы, применяемые в деловой разведке. В их описании можно применить следующую структуру в определении ценности данных: описание процесса сбора и обработки данных; указание пользователей данных; описание формы предоставления данных; приблизительные затраты на получение данных.

Метод 1. Сбор и исследование данных, содержащихся в открытых источниках [3].

Данный метод предназначен для сбора исходных данных, содержащейся во всех видах рекламных сообщений, в СМИ, сети Интернет, научно-технической литературе, справочниках и т.п. Метод используется для получения представления об общих тенденциях развития отрасли, возможных слияниях и продажах фирмами-конкурентами, о новых технологиях, рекламных стратегиях конкурентов и др.

Метод 2. Посещение ярмарок, выставок, конференций, симпозиумов с целью получения данных из материалов, докладов и выступлений.

Указанные мероприятия представляют огромный потенциал с точки зрения сбора данных в самый короткий промежуток времени. Этот сбор проходит с наименьшими затратами средств. Стремясь показать все лучшее, фирма-инициатор разглашает порой достаточно секретные данные. Это может быть объяснено и плохой подготовкой участников выставки со стороны фирмы и хорошей работой специалистов по сбору данных. Кроме бесспорно важного сбора всевозможных раздаточных материалов, можно вести простое

наблюдение (скрыто или открыто). В ходе наблюдения собирается вся доступная и оставленная по недосмотру документация и информация, фотографируется все, что возможно. Также, заданный вопрос или спор (как бы между собой) с привлечением интересующих оппонентов может увести беседу в необходимую сторону.

Метод 3. Изучение продукции исследуемых организаций.

Ценность подобного сбора данных состоит в изучении технологии конкурента или контрагента. Технология производства или предоставления услуг всегда интересна для анализа специалистов. Зная ее особенности, можно сделать выводы о политике ценообразования, каналах распределения товара, продукта, основных посредниках и т.п. Для поддержки сбора данных с помощью данного метода в подразделении деловой разведки обычно существует специалист по технологии. Задача - изучение продукции конкурентов или контрагентов, закупка образцов, полный их разбор и анализ. Анализируется каждая составляющая, все слабые и сильные стороны. Это необходимо не для того, чтобы скопировать продукцию, а для того, чтобы научиться у них сильным сторонам и попытаться обойти их слабые стороны. Кроме того, это является незаменимым источником данных, помогающим лучше понять покупателей, клиентов и их требования. Иногда конкуренты могут раньше заметить какие-то рыночные тенденции, с которыми может столкнуться любое предприятие отрасли.

Пользователями данных, в основном, являются специалисты по тому или иному продукту, которые получают полную или частичную технологию конкурента или контрагента. Информация представляется руководству в виде аналитических отчетов. Чтобы избежать потери данных, необходимо сформулировать характеристики, по которым будет проводиться анализ.

Метод 4. Получение данных от третьих организаций и лиц [1].

Третьи лица и организации — это поставщики и клиенты, которые общаются с конкурентами или контрагентами интересующего предприятия. Поэтому данные, которыми они обладают, достаточно достоверны (если это не намеренная дезинформация, что должно быть проверено) и свежи. Здесь очень важно получить при общении больше данных о конкуренте или контрагенте, а информацию о своем предприятии свести к минимуму или дезинформации. Сбор данных осуществляется в процессе общения при неформальном контакте, что позволяет получить все по максимуму. По возможности разговор записывается или конспектируется. Затем данные подвергаются проверке, а результат представляется в виде отчетов о проведенной работе.

Отдельно остановимся на нестандартных решениях в работе отдела деловой разведки. В ходе поиска необходимых данных иногда можно найти любопытную информацию, которая могла бы принести доход предприятию и тем самым подтвердить экономическую составляющую существования подразделения. Так как на подобные сведения затрачивается минимум средств, она вдвойне ценна. Контрагенты могут не обратить на нее внимания, между тем,

ее использование способно принести значительные прибыли. Это может быть получено в ходе работы по основному проекту и требует небольшой доработки и выделение в отдельное направление. Представляется в виде отчета и аннотаций по развитию предложенного направления.

Таким образом, конкурентная разведка является частью системы информационной и экономической безопасности предприятия. Возможности конкурентной разведки по аккумулярованию и анализу полученных данных хорошо сопрягаются с задачами информационной и экономической безопасности предприятия. Направленность такой разведки на отслеживание всей окружающей предприятие бизнес-среды способствует как предотвращению внешних угроз, так и обеспечению конкурентных преимуществ организации.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дубкова К.И.* Конкурентная разведка в условиях гиперконкуренции // Новая наука: опыт, традиции, инновации. 2018. № 7-1. С. 144-151.
2. *Кузнецов А. Н.* Конкурентная разведка как важный элемент эффективной системы управления предприятием // Инновационные механизмы решения проблем научного развития: сб. ст. междунар. науч.-практ. конф. : в 4 ч. Ч. 1. Уфа, 2016. С. 142.
3. *Парфенова Е.Н.* Конкурентная разведка в системе обеспечения стратегического развития предприятия / Е.Н. Парфенова, Р.И. Макаренко // Новая наука: проблемы и перспективы. 2016. № 6-1. С. 186-189.
4. *Романов В.В.* Бизнес: особенности конкурентной разведки в России / В.В. Романов, А.М. Потапенко, А.А. Кравцов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент. 2019. № 3 (16). С. 15.
5. *Ющук Е.Л.* Конкурентная разведка: маркетинг рисков и возможностей. М. : Вершина, 2018. С. 65.



## ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ПОСТАВОК СЫРЬЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ИЗНОШЕННЫХ ШИН

**Н.А. Горинов, М.Е. Соловьев**

Научный руководитель – **М.Е. Соловьев**, д-р физ.-мат. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*Предложена имитационная модель поставок сырья при переработке изношенных шин и отходов резиновой промышленности. Исследовано влияние параметров логистической схемы поставок сырья на эффективность функционирования предприятия по переработке отходов.*

**Ключевые слова:** изношенные автомобильные шины, вторичная переработка, имитационное моделирование.

## SIMULATION MODEL OF SUPPLY OF RAW MATERIALS FOR PROCESSING WASTE TIRES

**N.A. Gorinov, M.E. Soloviev**

Scientific Supervisor – **M.E. Soloviev**, Doctor of Physical  
and Mathematical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*A simulation model for the supply of raw materials for the processing of used tires and rubber industry wastes is proposed. The influence of the parameters of the logistics scheme for the supply of raw materials on the efficiency of the waste processing enterprise has been investigated.*

**Keywords:** used car tires, recycling, simulation.

Изношенные шины и отходы производства резиновой промышленности представляют собой один из крупнейших источников загрязнения окружающей среды. Мировой объем ежегодного образования этого вида отходов составляет более 10 млн тонн. Больше половины их до настоящего времени не перерабатываются. В этой связи совершенствование существующих и создание новых технологий переработки изношенных шин представляет собой важную научно-практическую задачу.

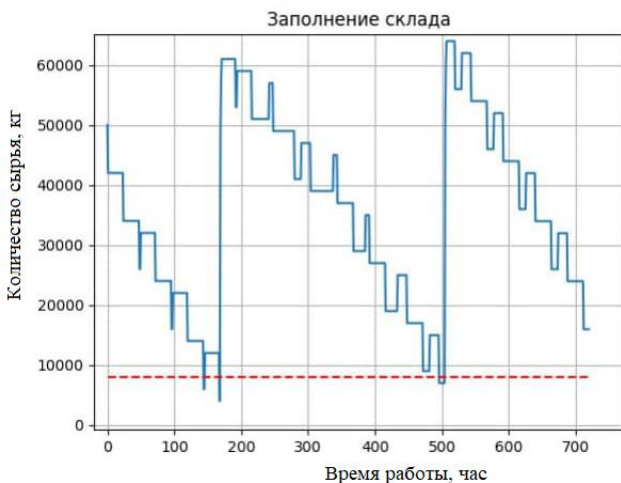
В Ярославском государственном техническом университете совместно с отечественными предприятиями в течение многих лет проводятся работы по созданию технологий и оборудования вторичной переработки полимеров, включая изношенные шины. В том числе разработаны составы резиновых композиций, содержащих измельченные отходы [1-4], а также разработаны высокоэффективные измельчители для получения тонкодисперсных материалов из изношенных шин [5,6].

Вместе с тем для организации эффективно работающего предприятия по переработке изношенных шин недостаточно иметь высокопроизводительное оборудование и соответствующую технологию. Необходимо обеспечить рациональную логистическую схему по сбору отходов и доставке их на перерабатывающее предприятие. Эта проблема осложняется тем, что источники образования рассматриваемого вида отходов территориально распределены неоднородно. Так, например, в Ярославском регионе имеется несколько крупных резиноперерабатывающих предприятий, в которых образуются отходы, пригодные для переработки, а также имеется большое число автотранспортных предприятий и шиномонтажных центров, также являющихся источниками сырья для рассматриваемой технологии.

Целью настоящей работы явилось создание имитационной модели поставок сырья для переработки изношенных шин, с помощью которой можно было бы оптимизировать транспортные затраты по доставке сырья, а также выбрать рациональный состав оборудования для предприятия по переработке изношенных шин, проектируемого в г. Ярославле.

6. Имитационная модель представляет собой программу на языке Python с использованием библиотек SimPy для моделирования и Matplotlib для работы с графиками. Модель состоит из двух основных объектов: пиролизный реактор и склад с сырьём. Реактор проверяет, есть ли на складе необходимое для запуска количество сырья, в нашем случае 8 тонн. Если таковое имеется, то реактор запускает цикл переработки на 24 часа. Так же во время запуска цикла у реактора есть вероятность поломки в 20 %. Поломка исправляется, в среднем, за 8 часов.

7. На склад с сырьём по календарю поставок приходят ресурсы от поставщиков. Календарь поставок в упрощённом виде: каждые два дня приходят 3 тонны от Ярославского шинного завода, каждую неделю приходят поставки от Ярославского завода РТИ, Ярославль - Резинотехника, ПАТП, АТП, шиномонтажных центров и прочих. Опытным путём выявлено, что для бесперебойной работы реактора на рассматриваемом промежутке времени (месяц) размер поставок в неделю должен составлять не менее 78 тонн. При этом изначально склад должен быть заполнен не менее, чем на 50 тонн.



**Рис.1. График заполнения склада**

На графике ступенчатой линией указан объём сырья в кг на складе в течение времени работы установки по часам. Пунктирной линией указан необходимый реактору для запуска уровень сырья в 8 тонн. Из графика видно, что вместимость склада должна быть не менее 65 тонн.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. АС СССР № 956297. Способ измельчения резин / Соловьев М.Е., Захаров Н.Д., Соловьев Е.М., Колхир К.Ф., Сапронов В.А., Шварц А.Г., Дроздовский В.Ф. Оpubл. 27.03.1981.
2. АС СССР № 979398. Способ получения резиновой смеси /Сергеева Н.Л., Галыбин Г.М., Емельянов Д.П., Гайдуков И.М., Воронов В.М., Захаров Н.Д., Соловьев Е.М., Соловьев М.Е. Оpubл. 27.02.1981.
3. АС СССР № 1002316. Резиновая смесь на основе карбоцепных каучуков / Соловьев М.Е., Захаров Н.Д., Соловьев Е.М., Сапронов В.А., Шварц А.Г., Дроздовский В.Ф., Колхир К.Ф., Егоров Н.Н. Оpubл. 09.10.1981.
4. АС СССР № 1386625. Формуемая резиновая композиция / Соловьев М.Е., Захаров Н.Д., Несиоловская Т.Н., Соловьев Е.М. Оpubл. 21.10.1985.
5. Патент РФ на полезную модель № 153405. Валковая машина / Соловьев М.Е., Соловьев Е.М., Николаев С.В., Дуросов С.М. Оpubл. 05.02.2015.
6. Патент РФ на полезную модель № 166453. Валковый измельчитель / Соловьев М.Е., Андропов В.А., Соловьев Е.М. Оpubл. 29.06.2016.

**РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА  
ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РЕЖИМОВ ПЛАВЛЕНИЯ  
МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОРОШКОВ В РАМКАХ ТЕХНОЛОГИИ  
SLM**

**Д.В. Шпилькин, Ю.М. Горовой**

Научный руководитель – **Ю.М. Горовой**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются вопросы влияния параметров процесса селективного лазерного плавления (SLM) на структуру исходного материала. Для оптимизации основных параметров данного технологического процесса, разрабатывается программный продукт.*

**Ключевые слова:** Аддитивные технологии, SLM, металлические порошки, пористость, плотность, траектория сканирования, оптимальные режимы работы.

**DEVELOPMENT OF A SOFTWARE PRODUCT FOR OPTIMIZING  
THE MELTING MODES OF METAL POWDERS WITHIN THE  
SLM TECHNOLOGY**

**D.V. Shpilkin, Y.M. Gorovoy**

Scientific Supervisor – **Y.M. Gorovoy**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The questions of the influence of the parameters of the selective laser melting (SLM) process on the structure of the starting material are considered. To optimize the main parameters of this technological process, a software product is being developed.*

**Keywords:** Additive technologies, SLM, metal powders, porosity, density, scan path, optimal operating conditions.

Цель работы – создание программного продукта для оптимизации основных параметров процесса СЛС металлических порошков. Данный продукт, должен значительно облегчить расчет режимов работы, для различных материалов и позволить уйти от большого количества экспериментальных тестов режимов работы.

Технология SLM довольно проста – послойное плавление металлических порошков происходит в камере, заполненной инертным газом, в основном – аргоном или азотом. Камера нагревается до рабочей температуры, а далее, металлический порошок равномерным слоем распределяется на подложке и лазер описывает траекторию, соответствующую форме модели, сплавляя частицы металлопорошка и создавая тем самым первый слой. По окончании сканирования, подложка опускается на слой ниже, наносится следующий слой металлического порошка, который уплотняется и далее, также сканируется лазером. Данная последовательность действий повторяется до тех пор, пока печать модели не будет завершена. Толщина слоя варьируется в пределах от 20 до 60 микрон, зависит от свойств основы – металлопорошка и непосредственно влияет на качество изделия и на скорость его изготовления.

Стоит отметить, что технология SLM обладает множеством плюсов: позволяет изготавливать изделия любой формы, в том числе, той, что недоступна при механической обработке. Если не отклоняться от установленных режимов работы и рекомендуемых материалов, на выходе достигается высокое качество изготавливаемых изделий: высокая плотность – до 99 % и более, что даже выше, чем у отливок, а также, крайне высокие прочностные характеристики. Но, несмотря на все вышесказанное, основные недостатки, иногда перевешивают все плюсы: во-первых, необходимость постобработки изделия. Постобработка заключается не только в шлифовке поверхности разъема изделия и подложки, но также и в нарезании резьбы (при необходимости) и термообработке (отжиг, для снятия остаточных напряжений и получения равновесной структуры). Самый значительный недостаток данной технологии – выходная стоимость изделий. С целью снижения стоимости изготовления изделий данным методом, в основном, либо используются более дешевые материалы, либо повышается скорость сканирования (естественно, при увеличении мощности лазерного излучения), либо повышается толщина слоя (также, при увеличении мощности), либо применяется все в совокупности, что непременно приводит к возникновению целого спектра проблем, в том числе – к значительному ухудшению качества.

Ухудшение качества выращенных деталей выражается в повышенной пористости, которая негативно влияет на усталостные характеристики, т.к. каждая пора является концентратором напряжений. При должном качестве металлопорошка и при использовании оптимальных режимов работы, пористости получается избегать, но при отклонении от этих режимов, или, при использовании различных металлопорошков, данная проблема встает особо остро. Плотность конечного продукта в большей степени зависит от металлопорошка, а также, от способа уплотнения нового слоя. При увеличении мощности лазера и неоптимальной траектории сканирования, может возникнуть проблема деформаций и короблений. Также, увеличение мощности лазера непропорционально скорости сканирования, может вызвать разбрызгивание капель

расплава, вызванное крайне быстрым расширением материала и/или его частичным испарением.

Рассмотрим физические величины, описывающие процессы в нашем исследуемом объекте (частице):  $U_{л.}$  – максимальное количество энергии в одну единицу времени, поступающее к частице от лазера;  $O.с.тепл.^+$  – количество теплоты, которое поступает к частице от окружающей среды (теплопроводность);  $O.с.тепл.^-$  – количество теплоты, которая отдает частица окружающей среде (теплопроводность);  $O.с.изл.^+$  – количество теплоты, которая поступает к частице от окружающей среды (теплообмен излучением);  $O.с.изл.^-$  – количество теплоты, которое отдает частица окружающей среде (теплообмен излучением);  $H$  – нагрев частицы;  $\Pi$  – плавление частицы.

На основании данных характеристик, получим уравнение:

$$U_{л.} + O.с.тепл.^+ + O.с.изл.^+ = H + \Pi + O.с.тепл.^- + O.с.изл.^- \quad (1)$$

Для получения безразмерных комплексов, разделим все члены уравнения на одно слагаемое, а именно на  $U_{л.}$ , т.к. количество энергии в одну единицу времени, поступающее к частице от лазера – величина управляемая. Получим:

$$1 + \frac{O.с.тепл.^+}{U_{л.}} + \frac{O.с.изл.^+}{U_{л.}} = \frac{H}{U_{л.}} + \frac{\Pi}{U_{л.}} + \frac{O.с.тепл.^-}{U_{л.}} + \frac{O.с.изл.^-}{U_{л.}} \quad (2)$$

Выведем 4 основных критерия:

1. а) Энергия лазерного облучения

$$E_{л.} = I \frac{l \cdot r \cdot \pi d^2}{4} \cdot k \quad (3)$$

б) Энергия нагрева

$$\frac{E_{нагр}}{E_{л.изл.}} = \frac{C(T) \frac{(T_{пл} - T_{о.с.}) \cdot \pi d^3}{6}}{I_{л.} \cdot \tau \cdot k \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{4C(T)(T_{пл} - T_{о.с.})d}{6I_{л.} \cdot k \cdot \tau} \quad (4)$$

$\frac{d}{\tau}$  – скорость перемещения лазерного пятна

$$\frac{d}{\tau} \frac{6 \cdot I_{л.} \cdot k}{4 \cdot C(T) \cdot (T_{пл} - T_{о.с.})} \quad (5)$$

2. Энергия плавления

$$E_{плав} = r \cdot \rho \frac{\pi}{6} \cdot d^3 \quad (6)$$

$$\frac{E_{пл}}{E_{изл}} = \frac{\frac{r \cdot \rho \cdot \pi}{6} \cdot d^3}{\frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot I_{л.} \cdot \tau \cdot k} = \frac{4 \cdot d \cdot r \cdot \rho}{6 \cdot \tau \cdot I_{л.} \cdot k} \quad (7)$$

$$\frac{d \cdot 6 \cdot l_l \cdot k}{\tau \cdot 4 \cdot r \cdot \rho} \quad (8)$$

$$\left(\frac{d}{\tau}\right) = \frac{4(r \cdot \rho) + C(T) \cdot (T_{пл} - T_{о.с.})}{6l_l \cdot k} \quad (9)$$

3. Вклад теплообмена в энергетический баланс. Сравниваем количество теплоты с энергией лазерного излучения.

$$Q\lambda = S_{конт.} \cdot \lambda \cdot \lambda \frac{2(T_{плавл.} - T_{о.с.})}{d} \cdot r \quad (10)$$

$$\frac{2 \cdot S_{конт.} \cdot \frac{\lambda \cdot \lambda \cdot (T_{пл} - T_{о.с.}) \cdot \tau}{d}}{\frac{\pi d^2}{4} \cdot l_l \cdot \tau \cdot k} = \frac{\left(\frac{2S_{конт.} \cdot \lambda}{d \cdot \pi d^2}\right) \cdot \lambda (T_{плавл.} - .с.)}{\frac{k \cdot l_l}{\left(\frac{S_{конт.} \cdot \lambda}{S_{пл. частицы}}\right) \cdot 2}} \quad (11)$$

$$= \frac{\left(\frac{S_{конт.} \cdot \lambda}{S_{пл. частицы}}\right) \cdot 2}{d} \cdot \lambda (T_{плавл.} - .с.)$$

$$= \frac{k \cdot l_l}{k \cdot l_l}$$

4. Относительный вклад кондуктивного теплообмена и теплообмена излучением.

$$Q_{изл.} = S(конт. изл.) \cdot \tau \left(\frac{T_{плавл.}^4}{100} - \frac{T_{о.с.}^4}{100}\right) \cdot \varepsilon \sigma 0 \quad (12)$$

$$\frac{Q_{изл.}}{Q_{тепл.}} = \frac{\frac{S(конт. изл.)}{S(конт. тепл.)} \cdot \tau \cdot \left(\frac{T_{плавл.}^4}{100} - \frac{T_{о.с.}^4}{100}\right) \cdot \varepsilon \sigma 0}{\frac{2\lambda}{d} \cdot (T_{плавл.} - T_{о.с.})} \quad (13)$$

Сформированные безразмерные комплексы позволяют проводить расчеты режимов сразу для целой группы режимов и будут использованы для разработки программного продукта, который, будет разрабатываться на языке программирования Python с использованием библиотек PyQt5 с целью создания графического интерфейса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зленко М.А. Аддитивные технологии в машиностроении: пособие для инженеров / М.А. Зленко, М.В. Нагайцев, В.М. Довбыш. М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. 220 с.

## **НАСТРОЙКА ЛОКАЛИЗАЦИИ В IOS-ПРИЛОЖЕНИЯХ С ПОМОЩЬЮ ЯЗЫКА ПРОГРАММИРОВАНИЯ SWIFT**

**В.М. Красильников, В.К. Маевский**

Научный руководитель – **В.К. Маевский**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Настройка локализации в iOS-приложениях с помощью языка программирования Swift. Разработка производится в среде Xcode версии 12.4 для всех версий платформы iOS начиная с версии 11.0.*

*Ключевые слова:* локализация, мобильное приложение, программирование, iOS, Xcode, Swift, мобильная разработка.

## **LOCALIZATION SETTING IN IOS APPLICATIONS USING SWIFT PROGRAMMING LANGUAGE**

**V.M Krasilnikov, V.K. Maevsky**

Scientific Supervisor – **V.K. Maevsky**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Localization setting in iOS applications using swift programming language . Development is provided in Xcode environment of version 12.4 for all versions of iOS above 11.0 .*

*Keywords:* localization, mobile application, programming, iOS, Xcode, Swift, mobile development.

Направление iOS-разработки в 2021 году занимает существенную долю рынка, продукция Apple представлена во всех странах мира. Таким образом, тема локализации очень актуальна, если разработчики и владельцы программного продукта хотят эффективно продвигать своё решение в разных регионах мира. В данной статье будут рассмотрены способы, которыми решается проблема поддержки локализации для различных языков в iOS-приложениях, написанных на языке программирования Swift [1,2], а также будет предложен новый, более выразительный и удобный способ взаимодействия со строковыми константами, отвечающими за локализацию.



Как организовано хранение строковых ресурсов в iOS-приложениях. Apple предоставляет стандарт файлов с расширением `.strings`. Данный стандарт регламентирует формат хранения строковых данных в виде ассоциативного массива ("ключ-значение"):

```
"key" = "value";
```

Ключ чувствителен к регистру символов, допускает использование пробелов, подчеркиваний, знаков пунктуации и специальных символов.

Простая на вид конструкция требует от программиста значительной сосредоточенности и внимательности при наполнении файлов данными, поскольку данный с виду простой синтаксис все же располагает к ошибкам, например, легко забыть указать точку с запятой (в Swift-коде они не нужны, поэтому программист отвыкает их ставить). При этом строка с ошибкой не подсветится, искать придется вручную. Также существует проблема дублирования ключей, из-за которой пусть и не будет ошибок рантайма или компиляции, но данные могут не отобразиться или отобразиться некорректно.

Как мы работаем с локализуемыми строками в коде. Для этого Apple предоставляет семейство методов `NSLocalizedString` в языке Swift в составе основного фреймворка Foundation:

```
NSLocalizedString(_ key: String, comment: String)
```

```
NSLocalizedString(_ key: String, tableName: String?, bundle: Bundle, value: String, comment: String)
```

Параметр `key` — ключ строки в `Strings`-файле; `val` — значение по умолчанию, используемое при отсутствии необходимого ключа в файле; `comment` — краткое описание локализуемой строки (по большей части не несет ошутимого полезного функционала и служит в основном для документирования кода и внесения пояснений).

С полями `tableName` (`tbl`) и `bundle` потребуется чуть более подробное пояснение.

`tableName` (`tbl`) — это имя `String`-файла (совсем не очевидно, почему оно называется таблицей), в котором находится необходимая нам строка по указанному ключу. Расширение файла при передаче параметра не указывается. Возможность навигации между таблицами позволяет не хранить строковые ресурсы в одном файле, а распределять их по собственному усмотрению. Это позволяет избавиться от перегруженности файлов, упрощает их редактирование, минимизирует шанс появления ошибок.

Параметр `bundle` еще сильнее расширяет возможности навигации по ресурсам проекта. `Bundle` — это своеобразный идентификатор доступа к ресурсам приложения, указав его, мы можем самостоятельно определять источник ресурсов.

Локализация статических же данных, таких как тексты лейблов, кнопок и другого контента, который статично располагается на экране, может осуществляться либо через проброс ауглетов в необходимый `ViewController` и дальнейшее присваивание строковой константы через метод

NSLocalizedString, либо же через удобный механизм локализации самих .storyboard – файлов. Для этого требуется всего лишь нажать кнопку Localization в attributeInspector’e и поставить галочку на нужных языках локализации. После этой процедуры Xcode самостоятельно сгенерирует копию данного сторбординга, в которой можно менять тексты и любое другое содержимое под другую локаль.

Использование стандартных средств для локализации строк внутри кода может быть весьма неудобным для разработчиков: необходимо постоянно вызывать метод NSLocalizedString, вручную всякий раз передавать параметры источника ресурсов и названия файла .strings, содержащего конкретный ключ. С ростом количества экранов и объемом контента, который необходимо локализовать, растут риски совершить ошибку, например опечатку в названии файла, найти которую может быть непросто. Необходимо стремиться к тому, чтобы выносить строковые константы в отдельное место, заводить ссылающиеся на них переменные и обращаться в коде к ним. Опираясь на это, я нашел способ реализации более организованного подхода к заданию строковых констант. Для этого понадобится написать протокол, на который будут подписаны enum’ы, rawValue, которые будут ссылаться на ключи в strings-файле. Протокол будет просто описывать ряд свойств (код приведен ниже), ключевым из которых будет являться localized, возвращающее нам значение по заданному ключу. Код протокола:

```
public protocol Localizable {
    var rawValue: String { get }
    var table: String? { get }
    var localized: String { get }}
extension Localizable {
    public var localized: String {
        return Bundle.main.localizedString(forKey: rawValue, value: nil, table: table)
    }
    public var table: String? {
        return nil } }
```

Предположим, что у нас есть enumGlobalLocalizationConstants с casearticle, а в файлах локализации по ключу article лежит локализуемая строка, которая в английской локали вернет нам значение “article”, а в русской “статья”. Тогда вызов данной строковой константы будет выглядеть как GlobalLocalizationConstants.article.localized. Такая запись очень удобна и призвана защитить от множества ошибок, связанных с человеческим фактором.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальная документация к языку Swift от Apple. URL: <https://docs.swift.org/swift-book/LanguageGuide/TheBasics.html> (19.12.2018)
2. Документация к Swift на русском языке от портала Swiftbook. URL: <https://swiftbook.ru/contents/doc/> (19.12.2018).

## РАЗРАБОТКА WEB СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АРХИТЕКТУРЫ MODEL 2

**А.О. Де-Рибас, В.К. Маевский**

Научный руководитель – **В.К. Маевский**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Проводится разработка web системы с использованием архитектуры Model 2. В процессе разработки использовались: СУБД MySql, ErwinDataModeler, jsp – страницы, сервлеты, сервер Tomcat 9*

***Ключевые слова:** jsp страница, СУБД, java-приложение, сервлет..*

## WEB SYSTEM DEVELOPMENT USING MODEL 2 ARCHITECTURE

**A.O. De-Ribas, V. K. Maevsky**

Scientific Supervisor – **V. K. Maevsky**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

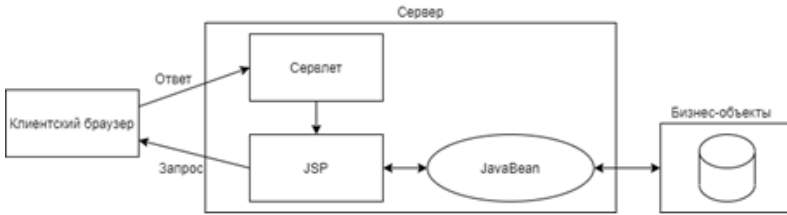
*A web system is being developed using the Model 2 architecture. In the process of development we used: DBMS MySql, Erwin Data Modeler, jsp - pages, servlets, Tomcat 9 server*

***Keywords:** jsp page, database management system, java-application, servlet*

Работа посвящена разработке WEB системы, в которой используется архитектура Model 2 (см. рисунок 1). Данная архитектура несколько усложняет приложение, однако благодаря модели MVC можно существенно упростить реализацию [1]. Разрабатываемая система использует: СУБД MySql с базой данных, сервлеты и jsp страницы. В качестве WEB сервера (контейнера сервлетов и jsp страниц) используется Tomcat 9.

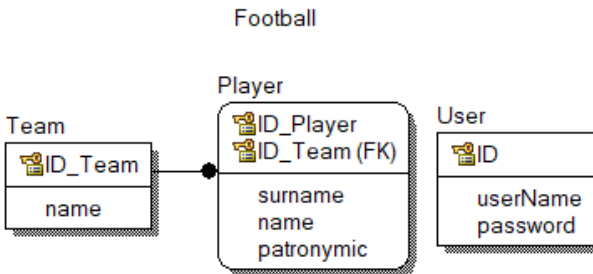
В работе используется предметная область «Футбол» с объектами «Команды» и «Игроки». Для данной предметной области разработана база данных «Football», в которой содержатся таблицы «Team» и «Player». Помимо самой базы данных, реализованной в СУБД MySql, для работы с ней было создано графическое Java-приложение. Для обеспечения доступа и работы с базой

данных используется технология, которая, называется JDBC (Java Database Connectivity) или драйвер JDBC [2].



**Рис. 1. Архитектура Model 2**

На рисунке 2 представлена инфологическая модель базы данных «Football», построенная с помощью программы ERWin Data Modeler. В базе данных используются таблицы: «Team» - команды, «Player» - игроки и «User» - для хранения логинов и паролей пользователей.



**Рис. 2. Инфологическая модель базы данных «Football»**

Каждому из первичных ключей было задано поле auto\_increment, для автоматического приращения значения. Используемые типы данных: varchar и integer. После создания таблиц они были заполнены данными.

Итоговое приложение позволяет вносить новые данные в таблицы и редактировать уже существующие. Однако перед тем, как откроются эти функции, пользователь должен авторизоваться. При первом входе используется первоначальный логин и пароль но, впоследствии, имеется возможность поменять их.

Для запуска приложения, в первую очередь, необходимо запустить Tomcat 9 и, если всё файлы предварительно откомпилированы, ввести в адресную строку любого браузера «http://localhost:8080/myApp/jsp/ Login.jsp».

Структура приложения содержит файлы:

- Login.jsp – jsp страница, используемая для связи сервлетов и входа в приложение.

- action.html – html страница, для выбора дальнейших действий.

– SqlUtils.java – с помощью неё задаётся форматирование и выводятся таблицы из базы данных.

– ViewPlayerServlet.java, ViewTeamServlet.java – страницы для работы с двумя таблицами, добавления, удаления и редактирования элементов. Также в них реализована функция поиска.

– Рассмотрим основные WEB страницы приложения:

– Авторизация проходит в форме, прописанной в jsp странице Login.jsp (см. рисунок 3). На рисунке 4 показана страница, которую пользователь видит после авторизации, здесь он выбирает таблицу, с которой хочет работать.

User 'levi' added

## Login

Please enter your username and password.

Username:

Password:

Рис. 3. Страница авторизации

## Action page

[View teams](#)

[View players](#)

Рис. 4. Страница выбора редактируемой таблицы

– На рисунке 5 показана страница для работы с таблицей «Player» - игроки, позволяющая удалять, добавлять и редактировать данные игроков, выполнять поиск нужных игроков по имени или команде.

– Страница для работы с таблицей «Team» - команды, позволяющая выполнять аналогичные функции, представлена на рисунке 6.

## Player view

Delete player  
Row ID

Add player  
Surname   
Name   
Patronymic   
Team ID

View players  
Keyword   
Team ID

ID	Surname	Name	Patronymic	Team ID
1	Ситников	Севастьян	Серапионович	1
2	Кудрявцев	Глеб	Валерьянович	1
3	Мишин	Эдуард	Рудольфович	1
4	Блохин	Роберт	Тимофеевич	1
5	Никонов	Августин	Данилович	1
6	Беспалов	Емельян	Федорович	1
7	Шарапов	Венедикт	Авксентьевич	1
8	Андреев	Орест	Лузьевич	1
9	Борисов	Ярослав	Протасьевич	1
10	Афанасьев	Май	Валентинович	1
11	Макаров	Лукьян	Михайлович	1
12	Веселов	Мечислав	Григорьевич	2

Рис. 5. Работа с таблицей «Player»

## Team view

Add team  
Name

Delete team  
Row ID

View teams  
Keyword

ID	Name
1	Акулы
2	Орлы

Рис. 6. Работа с таблицей «Team»

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Подопригора А.С.* Разработка web системы с использованием jsp страниц, сервлетов и СУБД / А.С. Подопригора, В.К. Маевский. Ярославль: сб. материалов конф.: 72 научно-техн. конф. ЯГТУ в 3 ч., Ч. 3 [Электронный ресурс]. Ярославль : Издат. дом ЯГТУ, 2019. 930 с.
2. *Шпильман Сью.* JSTL : Практическое руководство для JSP-программистов : учеб.-справ. изд. / Сью Шпильман; пер. с англ. Л. Б. Сиховец. М. : Кулиц-Образ, 2004. 271 с.

## РАЗРАБОТКА ANDROID ПРИЛОЖЕНИЯ С ВСТРОЕННОЙ БАЗОЙ ДАННЫХ

**А.А. Изварина, В.К. Маевский**

Научный руководитель – **В.К. Маевский**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Подключение и создание базы данных sqlite в android studio. В процессе разработки использовались: СУБД SQLite, AndroidStudio,*

*Ключевые слова: база данных, СУБДSQLite, , Android, java-приложение.*

## DEVELOPING AN ANDROID APP WITH A BUILT-IN DATABASE

**A. A. Izvarina, V. K. Maevsky**

Scientific Supervisor – **V.K. Maevsky**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

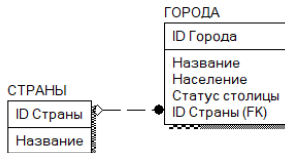
Yaroslavl State Technical University

*Connecting and creating a SQLite database in Android Studio. In the process of development we used: DBMS SQLite, Android Studio.*

*Keywords: database, DBMS SQLite, Android, java-application.*

В данной работе проводится создание android приложения с встроенной базой данных [1]. В качестве СУБД используется SQLite. Приложение разрабатывается в среде AndroidStudio.

Создаваемая база данных называется «Карта мира», она описывает страны и города. Для каждой страны определены города, которые находятся в её пределах. Инфологическая модель базы данных представлена на рисунке 1.



**Рис. 1. Инфологическая модель базы данных**

Таблица «Страны» имеет следующие поля:  
уникальный идентификатор страны – id\_co;



название страны – name.

таблица «Город» имеет следующие характеристики:

- уникальный идентификатор города – id\_ci;
- ссылка на страну (внешний ключ) – id\_co;
- название города – name;
- население города – count;
- статус столицы – iscapital.

Для разработки Android-приложения необходимо создать проект по шаблону EmptyActivity, языком программирования необходимо выбрать java. Далее в корне проекта необходимо создать файл класса DatabaseHelper.java. Этот класс необходим для создания базы данных и необходимых таблиц, так же в нем можно выполнить заполнение таблиц, если это необходимо. Далее приведен листинг DatabaseHelper.java:

```
package com.example.myapplication;
import android.content.Context;
import android.database.sqlite.SQLiteDatabase;
import android.database.sqlite.SQLiteOpenHelper;
import androidx.annotation.Nullable;
public class DatabaseHelper extends SQLiteOpenHelper {
    public DatabaseHelper(@Nullable Context context) {
        super(context, "MapDatabase", null, 1);
        SQLiteDatabase db= this.getWritableDatabase();
    }
    @Override
    public void onCreate(SQLiteDatabase db) {
        String countries="create table countries("+
            "id_co integer not null,"+
            "name text not null,"+
            "primary key(id_co));";
        db.execSQL(countries);
        String cities="create table cities("+
            "id_ci integer not null,"+
            "id_co integer not null,"+
            "name text not null,"+
            "count text not null,"+
            "iscaptital byte not null,"+
            "primary key(id_ci),"+
            "foreign key (id_co) references countries(id_co));";
        db.execSQL(cities);
    }
    @Override
    public void onUpgrade(SQLiteDatabase db, int oldVersion, int newVersion)
{
```

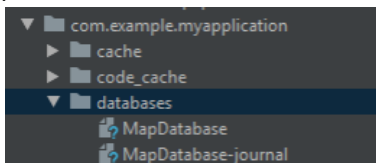
```
}  
}
```

Далее в класс MainActivity необходимо поместить код, с помощью которого создается объект класса DBHelper, который используется для создания и заполнения таблиц базы данных.

Листинг MainActivity.java:

```
package com.example.myapplication;  
import androidx.appcompat.app.AppCompatActivity;  
import android.os.Bundle;  
public class MainActivity extends AppCompatActivity {  
    DBHelper db;  
    @Override  
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState) {  
        super.onCreate(savedInstanceState);  
        setContentView(R.layout.activity_main);  
        db=new DBHelper(this);}  
}
```

Далее можно приступить к запуску программы. После запуска программы, будет создана база данных, которую мы описали в DBHelper.java. Важно понимать, что база создается на устройстве только при первом запуске программы. Чтобы проверить, что база данных была создана на устройстве, необходимо перейти в DeviceFileExplorer, там мы увидим файл только что созданной базы данных «MapDatabase.db» в папке нашего приложения на устройстве (рисунок 2).



**Рис. 2. Файл созданной базы данных**

Этот файл можно открыть с помощью программы SQLite Database browser для проверки корректности созданных таблиц, как показано на рисунке 3.

Имя	Тип
Таблицы (3)	
android_metadata	
cities	
id_ci	integer
id_co	integer
name	text
count	text
iscaptital	byte
countries	
id_co	integer
name	text
Индексы (0)	
Представления (0)	
Триггеры (0)	

**Рис. 3. Представление созданной базы данных в SQLite Database browser**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Уроки по AndroidStudio для начинающих. URL: <https://startandroid.ru/ru/uroki/vse-uroki-spiskom.html>

## РАЗРАБОТКА ANDROID ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ РАБОТЫ С МАССИВАМИ

**А.А. Соловьева, В.К. Маевский**

Научный руководитель – **В.К. Маевский**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Разработка android приложения для работы с массивами. Разработка проводится в среде AndroidStudio.*

**Ключевые слова:** одномерные массивы, двумерные массивы, android - приложение, Android Studio.

## DEVELOPMENT OF ANDROID APPLICATION FOR WORK WITH ARRAYS

**A.A. Solovyova, V.K. Maevsky**

Scientific Supervisor – **V.K. Maevsky**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

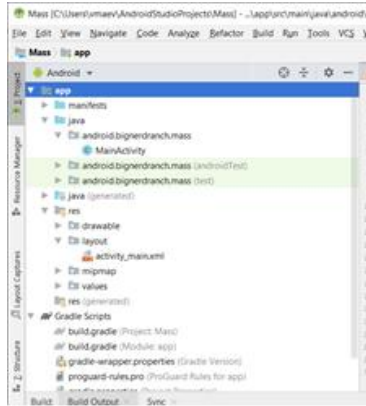
*Android development - applications for working with arrays. Development is carried out in the Android Studio environment.*

**Keywords:** one-dimensional arrays, two-dimensional arrays, android - application, Android Studio.

Работа посвящена созданию мобильного приложения для работы с массивами. Массивы широко применяются в науке и практике[1]. Проект приложения создавался в среде Android Studio. Структура проекта представлена на рисунке 1.

Приложение состоит из следующих компонентов:

- Текстовые поля (TextView) - используются для вывода текста на экран, на экране их 5.
- Элементы EditText - служат для ввода и редактирования текста, их 3.
- Кнопки (Button). Каждая кнопка служит для включения определенного программного кода при щелчке мышью по ней. На экране размещены 2 кнопки.

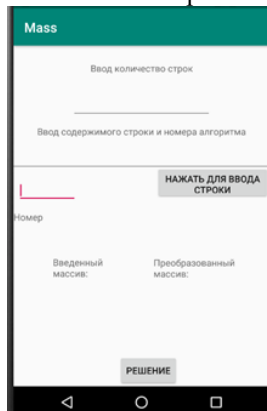


**Рис. 1. Структура проекта**

Указанные текстовые элементы используются для работы с текстом: для ввода, вывода и редактирования текста. Массивы работают с числовой информацией. Поэтому числовая информация вводится в текстовые элементы в текстовом формате, а потом преобразуется в числовой формат. Для вывода на экран числовой информации она предварительно преобразуется в текстовый формат.

Макет разработанного приложения представлен на рисунке 2.

- Сначала необходимо ввести число строк в массиве (см. рисунок 2):



**Рис. 2. Макет приложения**

- Затем вводим элементы строки массива, отделяя их пробелом. По завершении ввода щелкаем мышью по кнопке «Нажать для ввода строки».

- Вводим номер алгоритма (1 или 2)

- Щелкаем мышью по кнопке «РЕШЕНИЕ».

При указании:

номера 1 демонстрируется переворот квадратной матрицы относительно побочной диагонали, см. рисунок 2;

номера 2 - переворот прямоугольной матрицы относительно вертикальной оси, см. рисунок 3.



Рис. 2. Алгоритм 1

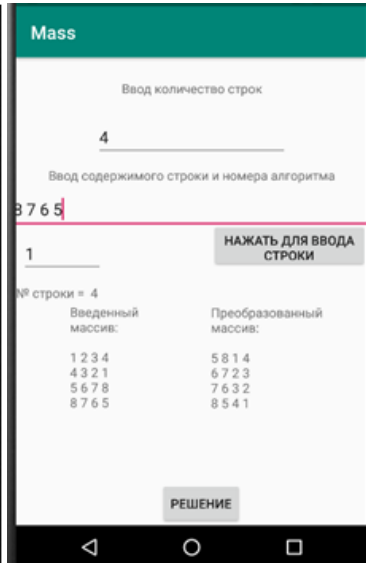


Рис. 3. Алгоритм 2

Эти алгоритмы реализованы в обработчике щелчка мыши на кнопке «РЕШЕНИЕ»:

```
public void onClickButton2(View v) {
    int b,n;
    n=kolstr;
    String ALG=editText3.getText().toString();
    int A=Integer.parseInt(ALG);
    if(A==1){
        for(int i=0;i<n;i++){
            for(int j=0;j<n;j++){
                if((i+j)<(n-1)){
                    b=mass1[i][j];
                    mass1[i][j]=mass1[n-1-j][n-1-i];
                    mass1[n-1-j][n-1-i]=b;}}
    }
    else
        if(A==2){
```

```

        for(int j=0;j<L/2; j++)
            for (int i=0;i<n;i ++){
                b=mass1[i][j];
                mass1[i][j]=mass1[i][L-1-j];
                mass1[i][L-1-j]=b;}}
    if(A==1 || A==2){
        String str="";
        for(int i=0;i<kolstr;i++){
            str="";
            for(int j=0;j<L;j++)
                str+=String.valueOf(mass1[i][j])+ " ";
            line1+=str+'\n';}
        textView5.setText(line1);}
    }

```

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Груздева В.А.* Создание android - приложения для решения задач на одномерные и двумерные массивы / В.А. Груздева, В.К. Маевский // Семьдесят третья всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 20 апреля 2020, г. Ярославль: сб. материалов конф. в 2 ч., ч. 1. Ярославль: ЯГТУ, 2020. С. 559-562.

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕЛЕФОННЫХ ВЫЗОВОВ ДЛЯ ЗАПИСИ НА СЕРВИСНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АВТОМОБИЛЕЙ**

**Г.А. Ковбасюк, В.К. Маевский**

Научный руководитель – **В.К. Маевский**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Имитационное моделирование телефонных вызовов для записи на сервисное обслуживание автомобилей. Определение количества каналов связи, необходимых для достижения максимальной прибыли предприятия.*

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, пакет AnyLogic, телефонные вызовы.

## **SIMULATION OF PHONE CALLS FOR RECORDING CAR SERVICE CALLS**

**G.A. Kovbasyuk, V.K. Maevsky**

Scientific Supervisor – **V.K. Maevsky**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Simulation of phone calls for recording car service calls. Determination of the number of communication channels required to achieve the maximum profit of the enterprise.*

**Keywords:** simulation, AnyLogic package, phone calls.

В работе проводится исследование процесса записи клиентов на сервисное обслуживание автомобилей. Запись производится по телефону. Исследование проводится методом имитационного моделирования. Запись на сервисное обслуживание производится предварительно. Прибыль предприятия, которое проводит сервисное обслуживание, зависит от количества указанных записей. При этом количество этих записей практически пропорционально времени, в течение которого проводились записи. На предприятии имеется несколько каналов связи для записи на сервисное обслуживание. Чем больше каналов связи, тем легче дозвониться до предприятия. Прибыль предприятия



зависит от интенсивности (плотности звонков): чем выше интенсивность звонков, тем больше прибыль. Интенсивность звонков зависит от количества каналов связи: чем больше каналов, тем интенсивность будет выше при наличии желающих записаться на сервисное обслуживание.

Для проведения исследования используется программный пакет Anylogic. Пакет Anylogic разработан российской компанией The AnyLogic Company (бывшая «Экс Джей Текнолоджис», англ. XJ Technologies). Инструмент обладает современным графическим интерфейсом. Для разработки модели использовался современный объектно-ориентированный язык программирования Java [1].

На предприятии, проводящем сервисное обслуживание автомобилей, имеется штат диспетчеров, принимающих звонки от клиентов. При высокой интенсивности звонков каналов связи может не хватить. В этом случае звонки все равно фиксируются, и диспетчер отвечает на них, но только позже.

На рисунке 1 представлена имитационная модель телефонных вызовов для записи на сервисное обслуживание автомобилей. В работе [1] показано, что время обслуживания заявки (телефонного звонка) описывается экспоненциальным законом распределения. При этом процесс обслуживания заявок описывается двухканальной системой (см. рисунок 1):

- канал 1 – основной, служит для записи клиентов на обслуживание;
- канал 2 - служит для учета отвергнутых телефонных вызовов.

Интенсивность поступления заявок описывается переменной  $\lambda$  (L), ее значение равно 1,5. Обслуживание заявок описывается переменной  $\mu$  (m), ее значение равно 0,5. Кроме указанных переменных на рис.1 показаны: N - количество телефонных каналов; source – источник заявок; service (SR) – процессор, выполняет обслуживание заявок; resourcePool (rP) – ресурсы предприятия (каналы связи); selectOutput (sP) - выполняет распределение заявок и проверяет наличие свободных каналов связи в процессоре, ; sink, sink1 – обозначает окончание каналов.

Процессор распределяет заявки по условию:  $SR.dS < N$ , где  $dS$  – метод `delaySize`, который возвращает текущее количество каналов связи. С помощью данного условия проверяется наличие свободных каналов связи.

В работе используется зависимость:

$$BM = (I-P)/\tau - eP;$$

где:

$\tau$  – время, I – стоимость вызовов (Income), которые были обслужены; P – штраф, который начисляется за не обслуженный вызов (Penalties); eP – заданная в виде таблицы функция, которая описывает стоимость используемых вызовов (equipmentPrice). BM – прибыль предприятия (BenefitMean).

В модели используются также следующие параметры: minPrice (mP)- стоимость обслуживания звонка клиента, его значение равно 0,12 у.е.; penaltyPerCall (pPC) – штраф за не обслуженный вызов, его значение равно

1у.е. Для вычисления стоимости обслуженного звонка используется функция callPrice (cP):

```
return tau<=1 ? mP : tau*mP;
```

Аргументом функции является текущее время (tau), тип данных аргумента и функции: double.

Процессор вызывает метод dS, возвращающий количество используемых каналов связи. Реальное время исследования с использованием имитационной модели составило 500 минут, при этом модельное время составило 1 минуту.

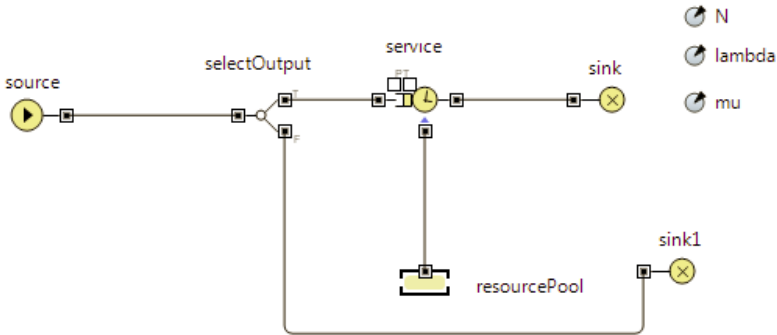
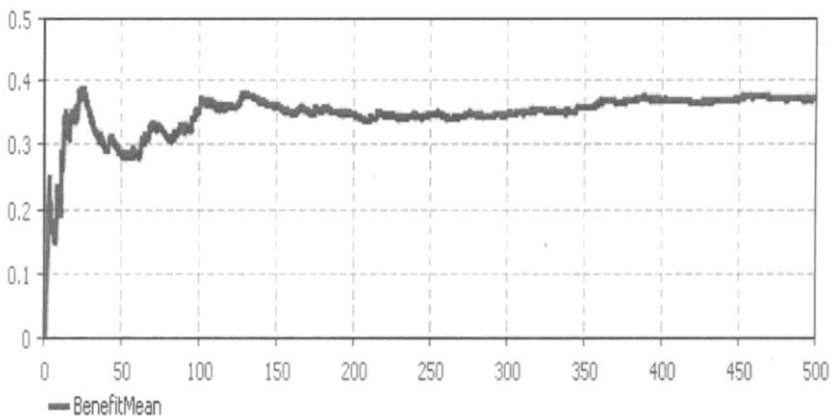


Рис. 1. Модель телефонных вызовов

При уменьшении числа каналов связи увеличивается число отклоненных звонков, а при увеличении - возрастают расходы на звонки, что приводит к снижению прибыли предприятия. В программе AnyLogic возможно решение оптимизационных задач. На рассмотренной модели выполнен поиск оптимального количества каналов связи для получения максимальной прибыли предприятия. В результате данного поиска получено:  $N \cong 11$  - число каналов связи, при котором прибыль предприятия максимальная, она равняется 0.37 у.е.

Была также получена зависимость прибыли предприятия (BenefitMean) от количества каналов связи (см. рисунок 2). Эта зависимость согласуется с результатами решения оптимизационной задачи.



**Рис. 2. Зависимость прибыли предприятия от количества каналов связи**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моцёва А.С. Имитационное моделирование телефонных вызовов грузового такси / А.С. Моцёва, В.К. Маевский // Семьдесят третья всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 20 апреля 2020, г. Ярославль: сб. материалов конф. в 2 ч. Ч. 1. Ярославль: ЯГТУ, 2020. С. 579-581.

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПЛАНШЕТОВ**

**А.А. Новрузов, В.К. Маевский**

Научный руководитель – **В.К. Маевский**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Разрабатывается имитационная модель распространения планшетов. Проводится изучение процесса распространения планшетных компьютеров.*

***Ключевые слова:** имитационное моделирование, пакет AnyLogic, планшетный компьютер, распространение планшетов.*

## **SIMULATION OF THE PROCESS OF DISTRIBUTION OF TABLETS**

**A.A. Novruzov, V.K. Maevsky**

Scientific Supervisor – **V.K. Maevsky**, Candidate of Technical  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*A simulation model for the distribution of tablets is being developed. The process of spreading tablet computers is being studied.*

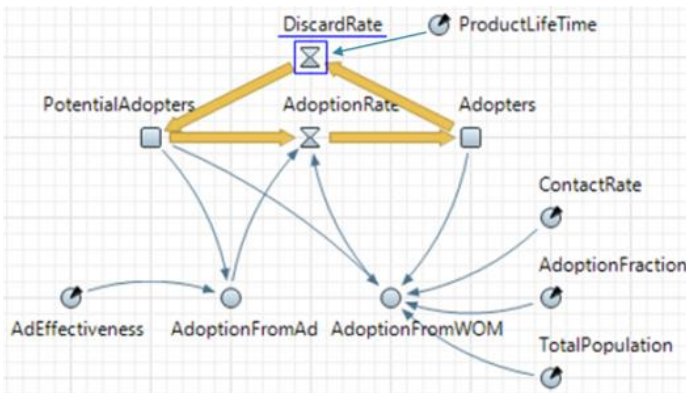
***Keywords:** imitation modeling, package AnyLogic, Tablet PC, tablet distribution.*

В работе проводится исследование процесса распространения планшетов. Рассматриваемые вычислительные устройства получили весьма широкое распространение благодаря компактности и достаточно большим вычислительным возможностям. Исследование проводится методом имитационного моделирования [1] с использованием программного пакета AnyLogic. Пакет AnyLogic разработан российской компанией The AnyLogic Company (бывшая «Экс Джей Текнолоджис», англ. XJ Technologies). Инструмент обладает современным графическим интерфейсом. Для разработки модели использовался современный объектно-ориентированный язык программирования Java [1]. В процессе моделирования создавались классы и объекты.

Распространение планшетов зависит от следующих параметров: количества потенциальных покупателей, цены планшета, умения работать с планшетом, положительных отзывов о работе планшета выбранной модели, других сведений о планшете.

Современное вычислительное устройство быстро устаревает морально, но, возможен и физический износ. В обоих случаях необходимо приобретать новый планшет.

Для проведения исследования использовалась модель Франка Басса [1]. Данная модель отражает процесс распространения среди населения новых товаров. В результате была построена имитационная модель процесса распространения планшетов, представленная на рисунке 1.



**Рис. 1. Имитационная модель распространения планшетов**

Условные обозначения на рисунке 1: прямоугольники – накопители; вентили – потоки; кружочки со стрелочками – переменные; линии со стрелками – зависимости.

Условные обозначения, используемые в модели:

- Adopters (Ad) – владельцы планшетов рассматриваемой марки;
- PotentialAdopters (PoA) – потенциальные покупатели нового планшета;
- AdoptionRate (AdR) – поток приобретения планшетов;
- AdoptionFromAd (AdFAd) – покупки планшетов, сделанные вследствие рекламы;
- AdoptionFromWOM (AdFW) – покупки планшетов, сделанные вследствие мнения окружающих;
- DiscardRate (DiR) – поток повторных покупок планшетов;
- ProductLifeTime (PrLT) – время исправного состояния планшета;
- TotalPopulation (ToP) – число потенциальных владельцев планшета;

- ContactRate (CoR) – количество контактов с владельцами планшетов рассматриваемой марки;
- AdEffectiveness (AdE) – учитывает степень эффективности рекламы;
- AdoptionFraction (AdF) – учитывает степень убеждения потенциальных владельцев планшетов;
- $k11 = 0 - 1$  – уровень освоения планшета его владельцем.

Уравнения, используемые в модели:

$$AdFAd = PoA * AdE,$$

$$DiR = f(AdR, PrLT),$$

$$AdFW = Ad * CoR * AdF * (PoA / ToP) * k13,$$

$$AdR = (k11 * k12) (AdFW + AdFAd),$$

$$d(Ad)/dt = AdR - DiR,$$

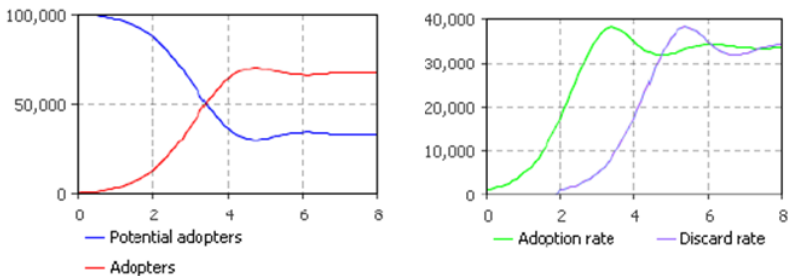
$$d(PoA)/dt = -AdR + DiR.$$

где  $k12 = (1 - (Avp / (1,5 * Avp + 0,5 * Avp)))$ ;

$k13$  – среднее количество планшетов в расчете на одного владельца;

$Avp$  – средняя стоимость планшета рассматриваемой марки.

На рисунке 2 представлены графики зависимости параметров модели от времени, полученные в ходе исследования.



**Рис. 2. Изменение параметров модели во времени**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сахарова С.М. Имитационное моделирование процесса распространения ноутбуков / С.М. Сахарова, В.К. Маевский // Семьдесят третья всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 20 апреля 2020, г. Ярославль: сб. материалов конф. в 2 ч. Ч. 1. Ярославль: ЯГТУ, 2020. С. 582-584.

## **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРОДАЖИ БИЛЕТОВ НА ДЕТСКУЮ ИГРОВУЮ ПЛОЩАДКУ**

**А.А. Чуклин, В.К. Маевский**

Научный руководитель – **В.К. Маевский**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Имитационное моделирование процесса продажи билетов на детскую игровую площадку. Исследование проводится с помощью пакета AnyLogic.*

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, кассы, автоматы, пакет AnyLogic

## **SIMULATION OF THE PROCESS OF SELLING TICKETS TO A CHILDREN'S PLAYGROUND**

**A.A. Chuklin, V.K. Maevsky**

Scientific Supervisor – **V.K. Maevsky**, Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Simulation of the process of selling tickets to a children's playground. The study is conducted using the package AnyLogic*

**Keywords:** simulation, cash registers, automatons, AnyLogic package.

В работе исследуется процесс продажи билетов на детскую игровую площадку. Для проведения исследования используется метод имитационного моделирования с помощью программного пакета Anylogic. Пакет Anylogic разработан российской компанией The AnyLogic Company (бывшая «Экс Джей Текнолоджис», англ. XJ Technologies). Инструмент обладает современным графическим интерфейсом. Для разработки модели использовался современный объектно-ориентированный язык программирования Java [1]. В процессе моделирования создавались классы и объекты.

Модель продажи билетов на детскую игровую площадку представлена на рисунке 1. На рисунках 2, 3 приведены результаты проведенного исследования продажи билетов на детскую игровую площадку: распределение време-

ни ожидания клиентов в очереди к автоматам и у касс по продаже билетов на детскую игровую площадку (рисунок 2); распределение общего времени нахождения клиентов у касс и автоматов по продаже билетов на детскую игровую площадку (рисунок 3).

Для моделирования процесса продажи билетов введем следующие условные обозначения:

source (sc) – это заявка или объект, означает приход покупателя за билетом. В модели покупатели (заявки) приходят через определенный интервал времени.

selectOutput (sO)– служит для принятия решения. Для него задается условие, согласно которому покупатель выбирает либо кассу, либо автомат. У блока имеется свойство selectCondition (sC), если оно равно  $\text{uniform}() < 0,5$ , то поток покупателей разделяется примерно поровну: одна половина направляется к пригородным кассам, а другая – к пригородным автоматам.

queue (q)– обозначает очередь покупателей билетов к автомату.

tellerLines (tL)– продажа билетов в кассе (занятие ресурса на определенное время).

Этот объект в модели имеет следующие свойства:

- queueCapacity (qC) – очередь из определенного количества людей, можно задать 20.

- delayTime (dT) – время, которое затрачивает покупатель у кассы при покупке билета. Зададим треугольное распределение этого времени [1]. При этом максимальное количество времени, которое затрачивает покупатель у кассы, равняется 11 минутам, а минимальное – 2,5 минутам.

В результате среднее количество времени нахождения покупателя у пригородной кассы равно 6 минутам.

tellers (tl) - ресурсы, в качестве которых используются кассиры. Для ресурсов используется свойство capacity (ct), означающее количество кассиров. Присвоим этому свойству значение 4.

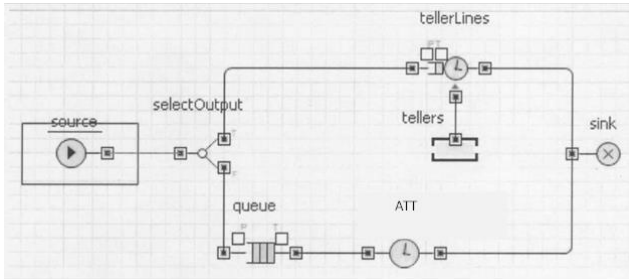
tellerLines (tL) –занятие ресурса. Объект tellers должен быть присоединен к объекту tellerLines.

АТТ – автомат для продажи билетов. В модели продажи билетов данный объект реализует задержку.

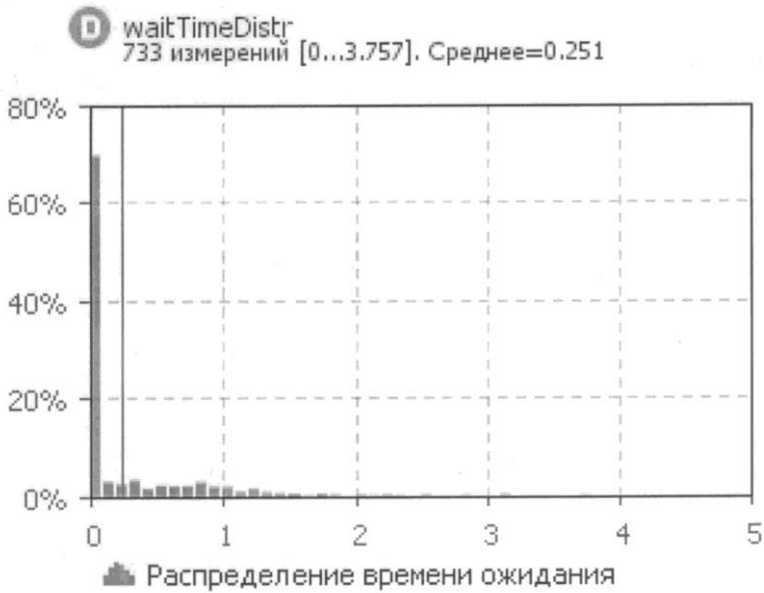
sink – означает окончание блок-схемы имитационной модели продажи пригородных билетов.

Модель продажи билетов на детскую игровую площадку представлена на рисунке 1. На рисунках 2, 3 приведены результаты проведенного исследования продажи билетов на детскую игровую площадку: распределение времени ожидания клиентов в очереди к автоматам и у касс по продаже билетов на детскую игровую площадку (рисунок 2); распределение общего времени нахождения клиентов у касс и автоматов по продаже билетов на детскую игровую площадку (рисунок 3).

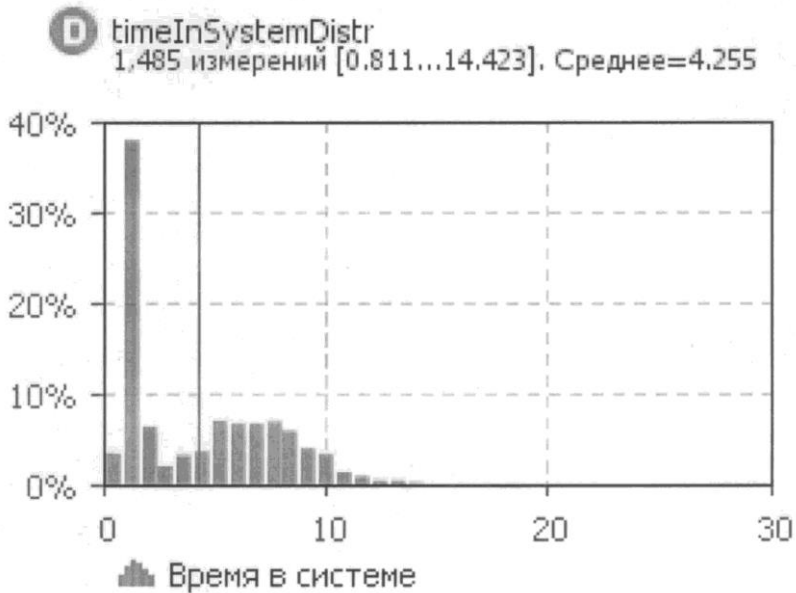




**Рис. 1. Имитационная модель продажи билетов на детскую игровую площадку**



**Рис. 2. Распределение времени ожидания**



**Рис. 3. Время в системе**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Соболева Е.П.* Имитационное моделирование кассового зала для продажи билетов на пригородные поезда / Е.П. Соболева, В.К. Маевский // Семьдесят третья всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 20 апреля 2020, г. Ярославль: сб. материалов конф. в 2 ч. Ч. 1. Ярославль: ЯГТУ, 2020. С. 589-592.

## **ОБЛАЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК РЕСУРС РАЗВИТИЯ АВТОШКОЛ**

**М.С. Желябина, Е.В. Ломанова**

Научный руководитель – **Е.В. Ломанова**, канд. экон. наук

Рыбинский государственный авиационный  
технический университет имени П.А. Соловьева

*Рассматривается понятие облачных технологий и их виды, стоимостные показатели объемов рынка облачных технологий, а также рассмотрен облачный продукт для автоматизации деятельности автошкол.*

**Ключевые слова:** облачные технологии, объемы рынка облачных технологий, автоматизация деятельности.

## **CLOUD TECHNOLOGIES AS A RESOURCE FOR DRIVING SCHOOLS DEVELOPMENT**

**M.S. Zheliabina, E.V. Lomanova**

Scientific Supervisor – **E.V. Lomanova**, Candidate of Economic  
Sciences

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The concept of cloud technologies and their types, cost indicators of the volume of the cloud technology market are considered, and a cloud product for automating the activities of driving schools is also considered.*

**Keywords:** cloud technologies, cloud technology market volumes, business automation.

Образование является одной из самых важных частей социальной и духовной сфер общества, так как оно непосредственно влияет на уровень жизни, поэтому в настоящее время перед государством стоят задачи по обеспечению доступности качественного образования различных видов и по повышению инвестиционной привлекательности данной сферы деятельности. Одним из направлений предоставления образовательных услуг являются услуги обучения вождению автомобиля.

Но в современных реалиях, несмотря на растущий спрос на автомобили и услуги автошкол, на рынке наблюдается тенденция сокращения количества организаций, обучающих вождению. Сокращение происходит из-за ужесточения требований со стороны лицензиара, изменений в законодательстве и материального фактора. Помимо этого, жизнь в условиях пандемии также внесла свои корректировки в деятельность автошкол из-за неготовности к новым реалиям: прекращение обучения, наличие затрат на аренду помещений, оборудования и учебных площадок, заработной платы сотрудникам стали для части автошкол неподъемными. По данным сайта «Автостат» до 2014 года в России было около 10,5 тысяч школ, а в 2020 году осталось – около 6 тысяч.

Чаще всего деятельность автошкол практически не автоматизирована, в связи с чем, можно выделить проблемы, связанные с неэффективной работой сотрудников, большим количеством различных бумажных и электронных документов, отсутствием эффективных способов контроля, невозможностью решать возникающие вопросы потребителей удаленно, без личных визитов в офис. Как известно, основной развития любого бизнеса являются успешные взаимоотношения с потребителями, обеспечивающие спрос, а организовать «грамотное» управление взаимоотношениями с клиентами позволяет программное обеспечение. В данной статье будет рассмотрен продукт для автоматизации деятельности автошкол с использованием облачных технологий.

Облачные технологии — это услуги, с помощью которых потребители получают через сеть вычислительные ресурсы, сервисы или программы и могут пользоваться ими для решения своих ИТ-задач. При развертывании облаков существует три основных способа: инфраструктура как услуги (IaaS), платформа как услуги (PaaS) и программное обеспечение как услуги (SaaS), которые будут рассмотрены далее.

Инфраструктура как услуги (IaaS) – это платформа, которая предоставляет инфраструктуру. Поставщик платформы предоставляет машину и операционную систему, а установка различных пакетов программного обеспечения, сред выполнения приложений, серверов и баз данных, необходимых приложению, остается за разработчиками. Платформа как услуги (PaaS) – группа технологий, которые работают на уровень выше IaaS. Поставщик платформы поддерживает сервер приложений, базы данных и все необходимые компоненты операционной системы, чтобы разработчики могли заниматься только кодом разрабатываемого на платформе приложения. Программное обеспечение как услуги (SaaS) – платформа, которая работает на уровень выше PaaS. Поставщик платформы предоставляет сервер приложений, базы данных, все компоненты операционной системы и код приложения, а разработчик имеет ограниченный доступ к программному обеспечению для его изменения в процессе эксплуатации.

Рассмотрим объемы мирового и российского рынка облачных продуктов по данным аналитической компании IDC. В 2019 году общий объем отрасли в денежном выражении составил 233,4 млрд долларов. В структуре рынка

большую долю удерживают сервисы «SaaS»: в 2019 году на долю этих платформ пришлось 148,5 млрд долларов, что составляет 63,6 % от общего размера выручки отрасли. Платформы «IaaS» занимают второе место в структуре – на их долю пришлось 49 млрд долларов (21% от общего объема выручки в отрасли). На долю платформ «PaaS» пришлось 35,9 млрд долларов, что составляет 15,4 % от общего объема выручки.

Компаниями – лидерами мирового рынка облачных технологий являются Amazon, Microsoft, Salesforce.com, Google и Oracle. По выручке, полученной от платформ «IaaS» и «PaaS», лидирует компания Amazon, доля которой в 2019 году составила 33,6 %. На втором месте компания Microsoft, доля которой составила 18 %, на третьем месте компания Google, доля которой составила 4,9 %. В сегменте «SaaS» на первом и втором местах находятся компании Salesforce.com и Microsoft с долями рынка 7,8 % и 7,4 % соответственно. Третье место в 2019 году заняла SAP с показателем в 4,1 %. По прогнозам экспертов, в ближайшие годы мировой рынок облачных продуктов будет показывать внушительный рост. Этому поспособствовала пандемия коронавируса, породившая дополнительную потребность в автоматизации деятельности, в том числе по средствам облачных услуг.

Объем российского рынка облачных услуг по итогам 2019 г. вырос на 26,9% по сравнению с предыдущим годом и составил 1,07 млрд. долларов. Одними из основных факторов роста российского рынка публичных облаков являются увеличение популярности аналитики больших объемов данных для решения различных бизнес-задач, получения конкурентных преимуществ и управления рисками. Наибольшая доля на российском рынке публичных облаков приходится на платформы «SaaS» – 61,2 % от общего объема рынка в 2019 г. Далее следуют платформы «IaaS» с долей 26,7 % и «PaaS» с долей 12,1 %. По результатам анализа можно сделать вывод, что российский рынок облачных вычислений и облачных продуктов только начинает активно развиваться, имея большое количество свободных сегментов, что дает возможность для разработчиков облачных продуктов занять целевой сегмент рынка.

Одним из целевых, свободных сегментов рынка являются облачные продукты для автоматизации деятельности автошкол, обеспечивающие автоматизацию всех основных бизнес-процессов, контроль и учет бизнеса, от холодного звонка до фиксации сдачи экзамена в ГИБДД, для управления взаимоотношениями с клиентами на основе информации, накапливаемой организацией. Функционал продуктов включает в себя учет отношений с клиентами; администрирование, ведение учебной части; учет продаж и оплат; организацию учета теоретических занятий; организацию учета практического вождения; функции личного кабинета инструктора, личного кабинета курсанта; функции учета вождения; возможность обеспечения онлайн – обучения.

Особенностью облачных продуктов является возможность настройки различного функционала и предоставления его в аренду непосредственным потребителям, что является наиболее выгодным вариантом со стороны клиен-

тов. Потребителям нет необходимости нести большие затраты на покупку всего программного продукта, они могут оплачивать ежемесячно арендную плату только за те функции продукта, которые используются. Минимальная цена за месяц использования программного продукта составляет около 3 500 руб. По статистическим данным, на конец 2019 г. в России функционирует около 6 000 автошкол. При том предположении, что разрабатываемым сервисом будет пользоваться на начальном этапе минимальное количество автошкол – 3 % от общего числа потенциальных клиентов, объем выручки будет составлять около 7,5 млн руб. при внедрении пилотных версий продуктов.

Средний срок разработки облачного сервиса составляет 7 месяцев, этап внедрения и наладки составляет, в среднем, 2 месяца. Стоимость затрат на разработку продукта составляет около 5 млн руб. Валовая прибыль составляет 2,5 млн. руб. Даже при минимальных объемах внедрения продукта рентабельность продаж составляет около 30 %, что говорит о высокой эффективности продукта. Расчет финансовых результатов показывает, что разработка облачного программного продукта для автоматизации деятельности автошкол эффективна, а его использование станет важным ресурсом для развития их деятельности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Никульчев Е.В.* Облачные технологии : учеб. пособие / Е.В. Никульчев, О.И. Лукьянчиков, Д.Ю. Ильин. М. : РТУ МИРЭА, 2019.
2. Данные аналитического агентства «Автостат». URL: <https://www.autostat.ru>. Дата обращения (01.03.2021 г.)
3. Данные маркетингового агентства IDC. URL: <https://www.idc.com/cis>.

(Дата обращения 01.03.2021 г.).

**О ПЕРСПЕКТИВАХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ  
МЕНТАЛЬНЫХ КАРТ В СИСТЕМЕ ДИСТАНЦИОННОГО  
ОБУЧЕНИЯ ВУЗА**

**К.Н. Герасимова, Е.В. Ломанова**

Научный руководитель - **Е.В. Ломанова**, канд. экон. наук

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
им. П.А. Соловьева

*Рассматриваются информационные технологии в обучении, особенности дистанционного обучения, тенденции развития систем дистанционного обучения*

***Ключевые слова:** информационные технологии, дистанционное обучение, информационные системы, ментальные карты*

**ON THE PROSPECTS OF USING THE TECHNOLOGY  
OF MENTAL CARDS IN THE SYSTEM OF DISTANCE LEARNING  
OF THE UNIVERSITY**

**K.N. Gerasimova, E.V. Lomanova**

Scientific Supervisor - **E.V. Lomanova**, Candidate of Economics  
Sciences

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*Information technologies in teaching, features of distance learning, trends in the development of distance learning systems are considered*

***Keywords:** information technologies, distance learning, information systems, mental maps*

Мир изменяется, а вместе с ним меняется образовательная сфера. Образование в России никогда не было статичным, а в настоящее время оно справедливо может считаться одной из самых развивающихся отраслей экономики. Потребность людей в обучении непрерывно растет, а реалии современной жизни таковы, что дистанционные форматы реализации образовательных услуг крайне востребованы.

Цифровизация образования является особенностью первой половины XX века и представляет собой процесс постоянной трансформации учебного процесса для нахождения новых возможностей и перспектив обучения.

Большинство зарубежных учебных заведений тратят огромное количество ресурсов для совершенствования образовательной структуры. Педагоги проходят профессиональную переподготовку для лучшего знания цифровой системы [1]. Передовые российские университеты стараются не отставать от зарубежных коллег и двигаются в направлении цифровой трансформации. Используя возможности информационных технологий, у университетов появляется конкурентоспособное будущее, а у студентов – продуктивное настоящее.

Рыбинский государственный авиационный технический университет имени П.А. Соловьева позиционирует себя как современную образовательную организацию, в полной мере старающуюся внедрить прогрессивные технологии, которые позволяют эффективно реализовывать учебный процесс в условиях меняющейся (и не всегда благоприятно) внешней среды. Поэтому создание системы дистанционного обучения является актуальной и значимой проблемой стратегического развития университета, обеспечивающей его скорейшую интеграцию в глобальное образовательное пространство. Подобная система будет способствовать совершенствованию деятельности и инновационному развитию вуза.

Проблема разработки и внедрения эффективной системы дистанционного обучения рассматривается в широком аспекте как способ перехода от эпизодического решения образовательных задач средствами ИКТ к системному, функционально-целевому преобразованию учебного процесса на основе информационно-коммуникационных технологий. При этом важно то, что создание системы дистанционного обучения определяется необходимостью ее применения в качестве средства привлечения и обучения иностранных студентов, а также в качестве основы для гибкого реагирования на изменение внешней среды. В частности, защита образовательного процесса в период эпидемий, а также расширение спектра образовательных продуктов.

В современном обучении используются различные возможности дистанционной технологии в зависимости от поставленных целей, удалённости обучаемых, наличия и скорости каналов связи, которые соответствуют учебным материалам. Поэтому в технологии дистанционного обучения выделяются следующие функции: отправка учебных материалов по компьютерным сетям, проведение занятий, конференций и семинаров с помощью компьютерных сетей, трансляция учебных программ по телевизионным каналам.

Несмотря на очевидные достоинства, у дистанционной формы обучения имеются и весомые недостатки:

- отсутствие очного общения между студентами и преподавателями;
- необходимость самодисциплины;
- необходимость постоянного доступа к Интернету;
- недостаток детально разработанных учебных программ и курсов;



- отсутствие постоянного контроля над студентом;
- недостаток практических знаний [3].

Решить основную часть выявленных проблем будет возможно путем создания системы дистанционного обучения на основе технологии ментальных карт.

Ментальной картой называется способ записи, альтернативный тексту, спискам и схемам. Главное отличие ментальных карт от других способов визуализации информации состоит в том, что ментальные карты активируют память. Списки, сплошной текст, деревья и схемы однообразны, а ментальные карты, наоборот, используют способы, активирующие восприятие при помощи разнообразия элементов: разная толщина линий, разные цвета ветвей, ключевые слова, использование образов. Техника ментальных карт помогает организовать, упорядочить, понять, запомнить и проассоциировать информацию.

Интеллект-карты используются для создания, визуализации, структуризации и классификации идей, а также как средство для обучения, организации, решения задач, принятия решений.

Использование ментальных карт эффективно в учебном процессе, поскольку они способствуют конспектированию лекций, подготовке материала по определенной теме, помогают в решении творческих задач и в проведении тренингов [2].

Построение и использование ментальных карт в системе дистанционного обучения обеспечит:

- 1) возможность настройки системы пользователем без регулярного привлечения разработчиков;
- 2) использование простого, наглядного и эргономичного интерфейса;
- 3) низкую стоимость разработки, поскольку для создания решения предполагается покупка лицензии на среду разработки RedForester, в которой планируется дальнейшее создание и эксплуатация системы;
- 4) разделение функций и прав работы с системой в соответствии с ролями пользователей (роли: декан, заведующий кафедрой, преподаватель, студент, сотрудник учебного управления);
- 5) создание, изменение и удаление учебных дисциплин;
- 6) регистрация, подключение к дисциплинам и исключение из числа изучающих курс определенных студентов;
- 7) добавление, изменение и удаление учебных материалов;
- 8) использование разных каналов связи преподавателя и студентов;
- 9) использование различных форм и методов подачи учебного материала;
- 10) загрузка файлов выполненных домашних заданий в систему;
- 11) оценивание домашних заданий путем использования оценок по критериям (полнота, оригинальность ответа), а также комментирование выставленной оценки;

12) контроль и оценивание работы преподавателя (в виде средней оценки успеваемости студентов группы);

13) контроль успеваемости и задолженностей студентов работниками учебного отдела;

14) еженедельное формирование и отправка системой уведомлений на электронную почту деканата со списком студентов-должников;

15) формирование и расшифровку педагогами и работниками учебного отдела отчетов в табличном и графическом видах об успеваемости и задолженностях студентов;

16) поддержку принятия решений на основе отчетов об успеваемости и задолженностях студентов.

Подводя итоги, можно говорить о том, что ментальные карты как инструмент управления проектами могут успешно переноситься в плоскость образовательного процесса. Их построение и использование в системах дистанционного обучения является эффективным решением для проверки знаний студентов, как при осуществлении текущего контроля, так и при защите ими различных проектных работ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баталова Ю.А.* Актуальные направления цифровой трансформации образования: перспективы и новые возможности развития традиционного образования, 2020.
2. *Фоминская Е.А.* Использование ментальных карт в образовательной деятельности: методические рекомендации, 2018.
3. Как развить самодисциплину при обучении из дома: советы от Университета «Синергия», 2020.

## ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ RPA ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ОФИСНЫХ ПРОЦЕССОВ

**К.А. Бобков, А.О. Алиева**

Научный руководитель - **А.О. Алиева**, канд. экон. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
им. П.А. Соловьева

*В статье рассматриваются процессы, подлежащие автоматизации с применением технологии программных роботов RPA. Ознакомление с решением управленческой проблемы на примере промышленного предприятия.*

**Ключевые слова:** бизнес-процесс, технология RPA, промышленное предприятие.

## APPLICATION OF RPA TECHNOLOGIES FOR AUTOMATED OFFICE PROCESSES

**K.A. Bobkov, A.O. Alieva**

Scientific Supervisor – **A.O. Alieva**, Candidate of Economic  
Sciences, Associate Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The article discusses the processes to be automated using RPA technology. Acquaintance with the solution of a management problem on the example of an industrial enterprise.*

**Keywords:** business process, technology RPA, industrial enterprise.

Деятельность любого предприятия связана с ведением документооборота, организацией взаимодействия посредством электронной почты и выполнением других офисных процессов, многие из которых имеют рутинный, повторяющийся характер. В современных условиях при ускоренном развитии рынка информационных технологий и увеличении числа сотрудников, которые трудятся в удалённом режиме, все более активно проявляет себя тенденция цифровизации офисных процессов. Повышение эффективности как производственных, так и организационных процессов, а также сокращение различных издержек, связанных с этими процессами, является одной из актуальных проблем для менеджмента предприятий. Компании вынуждены пересматривать свои стратегии для того, чтобы эффективно решать задачи, касающиеся ос-

новых бизнес-процессов - изготовление продукции, выполнения работ, и всё меньше внимания уделять вспомогательным обслуживающим процессам. В данной ситуации решением может стать передача части непроизводственных функций путем регламентации и автоматизация работ, выполняемых сотрудниками административных подразделений.

Одним из инструментов, позволяющим организациям быстро трансформировать бизнес-модели, является автоматизация с использованием технологии Robotic process automation (RPA). Используя данную технологию, компании могут перераспределять задачи между сотрудниками и программными роботами. **Роботизированная автоматизация процессов** — это технология, которая позволяет настраивать компьютерное программное обеспечение или «робота» для имитации и интеграции действий человека, взаимодействующего с цифровыми системами при выполнении бизнес-процесса. Программные роботы используют пользовательский интерфейс для сбора данных и управления приложениями, как это делают люди. Программный робот RPA сводит к минимуму количество ошибок, связанных с так называемым «человеческим фактором». В отличие от других традиционных ИТ-решений, RPA позволяет организациям автоматизировать работу с меньшими затратами и временем. RPA также является «ненавязчивым» по своей природе и использует существующую инфраструктуру, не вызывая серьезных трансформаций в работе базовых систем, которые было бы сложно и дорого заменить.

**Таблица 1. Преимущества технологии RPA**

<b>Преимущества по сравнению с человеком</b>	<b>Преимущества по сравнению с автоматизацией</b>
Работает 24/7/365	Связывает несвязуемое
Не ошибается	Много функций
Много функций	Быстрое внедрение
Легко масштабируется	Дешевле
Быстрее	

В 2020 году компанией «Делойт»<sup>1</sup> было проведено исследование среди компаний, занимающихся энергетикой и добывающей промышленностью, розничной и оптовой торговлей, оказанием финансовых услуг и т.д. с целью выявления тенденций развития роботизации в РФ. В исследовании было установлено, что примерно 63 % представителей бизнес-сферы ориентируются на роботизацию в качестве одного из ключевых элементов стратегии повышения эффективности работы компании. Роботизация очень хорошо подходит для тех элементов работы, где монотонные и повторяющиеся операции занимают высокий удельный вес. В исследовании отмечаются различные эффекты, кото-

<sup>1</sup>Международная компания по оказанию услуг в области аудита, консалтинга, а также сопутствующих услуг. В статье используются результаты исследования «Тенденции развития роботизации в РФ 2020» <https://www2.deloitte.com>

рые возникали и могут возникать у компаний, планирующих прибегнуть к роботизации. Среди эффектов от внедрения роботизации респонденты отдают первые места увеличению скорости выполнения задач (71 %), автоматизации монотонных процессов (70 %), снижению затрат (69 %) и снижению рисков и ошибок при выполнении задач (68 %).



**Рис. 1. Ожидаемый эффект от внедрения роботизации бизнес-процессов для компании**

В рамках сотрудничества РГАТУ имени П.А. Соловьёва и промышленного предприятия автор данной публикации проходил стажировку в Цифровой лаборатории и участвовал в процессе роботизации непосредственно. Одним из первых процессов, в котором целесообразно использовать роботизацию, стал перевод документации в программе Adobe. Данный процесс был выбран исходя из того, что на предприятии имеется большое количество компьютеров, на 70 % из которых установлена программа Adobe. Для решения данной проблемы был зарегистрирован робот в качестве сотрудника предприятия, что позволило получить доступ к корпоративной сети, где пользователями составляются заявки, а сотрудник другого подразделения, в данном случае робот, обрабатывает её и предоставляет решение. На компьютере, где была установлена программа роботизации, была поставлена программа с лицензией Adobe.

Данная схема представляет собой укрупнённую последовательность действий робота. Этап инициализации — это блок действий, в котором робот собирает все необходимые данные для работы из файла параметров в Excel таблице в переменную типа таблица. Далее использования цикла и команды switch (ветвления) - из переменной таблица записываются значения ячеек в переменные. Если произошёл сбой или ошибка, тогда робот выводит ошибку и прекращает дальнейшие шаги. Далее робот переходит на корпоративный пор-

тал предприятия, где пользователи оставляют заявки для решения той или иной задачи. Переход происходит по URL-адресу сайта, где роботу необходимо пройти авторизацию пользователя. Авторизация происходит благодаря вводу текста через XPath<sup>2</sup>. Для осуществления фильтрации заявок робот с помощью XPath начинает устанавливать фильтры, и затем после их применения проверяет наличие первого условия. Если такой заявки нет, тогда он сбрасывает первый фильтр и начинает отбор по второму условию. В обоих случаях, когда такие заявки существуют, робот делает клик на заявку и начинает скачивание файлов, также через XPath. В указанной папке робот проверяет существование файлов, если они существуют, тогда он начинает проверку на наличие файлов необходимого формата и последующую обработку. Если таких файлов нет, тогда робот переходит к закрытию заявки с описанием решения «К заявке не приложены файлы для распознавания».

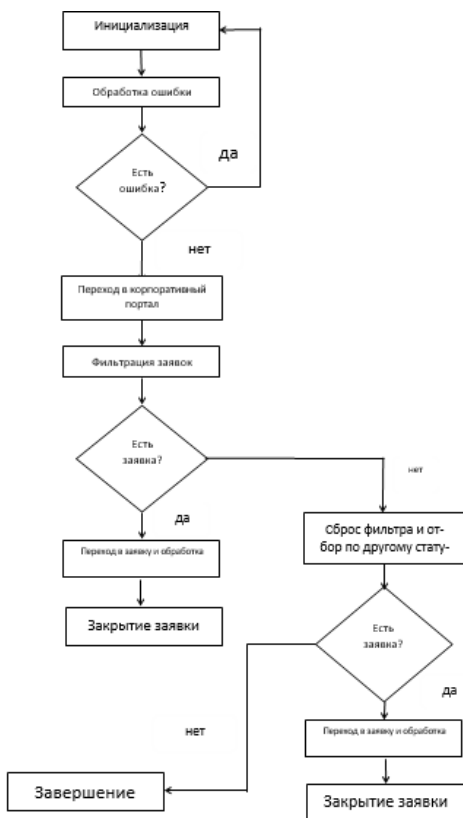
Сначала была создана функция по распознаванию документов для подразделения «Цифровая трансформация», а затем создание заявок и проверка как робот будет выполнять процесс. После устранения всех возможных ошибок робот был введен в эксплуатацию и успешно начал предоставлять услугу распознавания документов.

Выбирая бизнес-процесс для применения роботизации, следует отталкиваться от наличия следующих свойств процесса: трудоемкость, частота повторения, стабильность и невариативность. Используя технологии RPA, крупные компании-интеграторы смогут расширить спектр услуг, которые они предлагают своим традиционным заказчикам, но для этого будет необходимо проводить ознакомление с опытом других компаний, а также исследовать данный вопрос силами своих ИТ-служб или отдавая работу в аутсорсинг. Можно с уверенностью говорить, что решения RPA будут все шире применяться в различных отраслевых, так и неспециализированных процессах, где существует значительный объем рутинной работы с данными для поддержки бизнес-процессов и где требуется собирать информацию из внешних, унаследованных или функционально ограниченных систем.

Процесс обработки документации (перевод из формата PDF в docx, pptx и xlsx) выглядит следующим образом.

---

<sup>2</sup> XPath - синтаксис для адресации частей XML-документа. Использует пути для адресации элементов XML.



**Рис. 2. Блок-схема алгоритма программного робота процесса «Распознавание PDF-документов по электронным заявкам»**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Одинцов Б.Е.* Информационные системы управления эффективностью бизнеса: Учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. Люберцы: Юрайт, 2016. 206 с.
2. Deloitte. Тенденции развития роботизации в РФ, 2020. - 22с.
3. RPA технологии для бизнеса. URL: <https://www.rpa-robin.ru/>

## **ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ КОНТРОЛЬНО-СЧЕТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЗА СЧЕТ ЦЕНТРАЛИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ СУБЪЕКТА РФ И МУНИЦИПАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ**

**Я.Е. Колобова, Е.Н. Черных**

Научный руководитель - **Е.Н. Черных**, канд. экон. наук

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
им. П.А. Соловьева

*В данной статье рассматриваются вопросы повышения эффективности деятельности органов внешнего финансового контроля (контрольно-счетных органов) за счет централизации их деятельности в единой информационной системе.*

***Ключевые слова:** финансовый контроль, контрольные мероприятия, экспертно-аналитические мероприятия, муниципальные образования, система.*

## **DIGITAL TRANSFORMATION OF CONTROL AND ACCOUNTING ACTIVITIES DUE TO CENTRALIZATION OF FUNCTIONS OF A SUBJECT OF THE RUSSIAN FEDERATION AND MUNICIPAL FORMATIONS**

**Y.E. Kolobova, E.N. Chernykh**

Scientific Supervisor - **E.N. Chernykh**, Candidate of Economics  
Sciences

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*This article discusses the issues of increasing the efficiency of the external financial control bodies (control and accounting bodies) by centralizing their activities in a single information system.*

***Keywords:** financial control, control activities, expert and analytical activities, municipalities, system.*

Распоряжением Правительства РФ от 31 января 2019 года была утверждена Концепция повышения эффективности бюджетных расходов в 2019-2024 гг., согласно которой в рамках государственного финансового контроля предстоит обеспечить непрерывный процесс систематизации, обработки, ана-



лиза и мониторинга результатов полученных при проведении контрольных и экспертно-аналитических мероприятий. Также необходимо осуществлять мониторинг устранения нарушений выявленных на объекте проверки в ходе проведения контрольных и экспертно-аналитических мероприятий и принятых мер, нацеленных на устранение найденных нарушений. Требования, которые отмечены в данной концепции, относятся как к внутреннему, так и к внешнему финансовому контролю.

Внешний государственный и муниципальный финансовый контроль осуществляется контрольно-счетными органами в форме контрольных или экспертно-аналитических мероприятий.

При проведении контрольного мероприятия контрольно-счетным органом составляется соответствующий акт (акты), который доводится до сведения руководителей проверяемых органов и организаций. На основании акта (актов) контрольно-счетным органом составляется отчет.

При проведении экспертно-аналитического мероприятия контрольно-счетным органом составляются отчет или заключение.

Для сокращения бюджетных расходов предлагается использовать централизацию различных функций контрольно-счетных органов субъектов РФ и муниципальных образований. В данной статье будет рассмотрена централизация функций контрольно-счетных органов субъекта РФ и муниципальных образований в проведении контрольных и экспертно-аналитических мероприятий.

Счетная палата субъекта РФ при осуществлении своей деятельности вправе взаимодействовать с контрольно-счетными органами муниципальных образований, заключать с ними соглашения о сотрудничестве и взаимодействии. В полномочия счетной палаты субъекта РФ входит организация взаимодействия с контрольно-счетными органами муниципальных образований по вопросам планирования и проведения совместных и параллельных контрольных и экспертно-аналитических мероприятий.

Счетная палата субъекта РФ имеет право:

1. Организовывать взаимодействие с контрольно-счетными органами муниципальных образований;
2. Оказывать контрольно-счетным органам муниципальных образований организационную, правовую, информационную и иную помощь;
3. Содействовать в профессиональной подготовке, переподготовке и повышении квалификации работников;
4. Осуществлять совместно с контрольно-счетными органами муниципальных образований планирование совместных контрольных и экспертно-аналитических мероприятий и организовывать их проведение.

Также орган внешнего финансового контроля субъекта РФ имеет право и должен осуществлять оценку (анализ) деятельности контрольно-счетных органов муниципальных образований, давать заключения о соответствии деятельности этих органов законодательству о внешнем государственном (муни-

ципальном) финансовом контроле и рекомендации по повышению ее эффективности.

На данный момент контрольно-счетные органы муниципальных образований в целях обеспечения доступа к информации о своей деятельности размещают на своих сайтах и в ГИС ЕСГФК информацию о проведении контрольных и экспертно-аналитических мероприятиях, о выявленных при их проведении нарушениях, о внесенных представлениях и предписаниях, а также о принятых по ним решениях и мерах, подготавливают отчеты о своей деятельности в формате Word/Excel документов.

Чтобы централизовать контрольно-счетную деятельность субъекта РФ и муниципальных образований предполагается создание на уровне органа внешнего финансового контроля субъекта РФ единой информационно-телекоммуникационной системы, основанной на отечественном программном обеспечении, с подключением к ней контрольно-счетных органов муниципальных образований и, в случае необходимости и целесообразности, иных участников бюджетного процесса.

Система должна поддерживать все этапы проведения контрольных и экспертно-аналитических мероприятий:

- планирование деятельности субъекта РФ и муниципальных образований;
- подготовка к проведению контрольных и экспертно-аналитических мероприятий;
- проведение контрольных и экспертно-аналитических мероприятий;
- контроль реализации результатов контрольных и экспертно-аналитических мероприятий;
- подготовка и проведение аудита в сфере закупок;
- формирование аналитической отчетности субъекта РФ и муниципальных образований.

Также система должна иметь единую базу объектов контроля с содержащейся в ней информацией о результатах проверок, для оперативного формирования сводного отчета о проведенных проверках на выбранном объекте контроля и его филиалах, которые могут находиться в разных муниципальных образованиях, организовывать взаимодействие между муниципальными образованиями, для обмена данными по проверкам на выбранном объекте и его филиалах.

Таким образом, внедрение централизованной системы для субъекта РФ и муниципальных образований при проведении контрольно-счетной деятельности позволит:

- вести унифицированный и стандартизированный учет процессов,
- повысить качество ведения учета и составление отчетности на основе единой методологии;

- унифицировать порядок проведения контрольных и экспертно-аналитических мероприятий;
- повысить прозрачность учетных процессов;
- автоматизирует формирование документов и аналитических отчетов на основе единой методологии;
- автоматизирует выгрузку данных о проведенной контрольной деятельности в ГИС ЕСГФК;
- повысит скорость выполнения функций путем формализации документооборота.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Бюджетный кодекс Российской Федерации» от 31.07.1998 № 145-ФЗ (ред. от 27.12.2019), Глава 26 «Основы государственного (муниципального) финансового контроля».
2. Распоряжение Правительства РФ от 31 января 2019 г. № 117-р «Об утверждении Концепции повышения эффективности бюджетных расходов в 2019-2024 гг.»
3. Федеральный закон от 7 февраля 2011 г. № 6-ФЗ «Об общих принципах организации и деятельности контрольно-счетных органов субъектов Российской Федерации и муниципальных образований».

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ВЫЯВЛЕНИЯ ПРИЗНАКОВ  
НАРУШЕНИЙ В СФЕРЕ ЗАКУПОК ТОВАРОВ, РАБОТ  
И УСЛУГ, АНАЛИЗА ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАКУПОК  
С ПОМОЩЬЮ ПРИМЕНЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

**А.А. Воронова, Е.Н Черных**

Научный руководитель - **Е.Н. Черных**, канд. экон. наук

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
им. П.А. Соловьева

*В качестве средства автоматизации процесса выявления признаков нарушений в сфере закупок товаров, работ и услуг, анализа государственных закупок рассматривается возможность применения автоматизированных информационных систем.*

**Ключевые слова:** анализ закупок, Единая информационная система в сфере закупок, аудит закупок

**AUTOMATION OF THE PROCESS OF DETECTING SIGNS  
OF VIOLATIONS IN THE SPHERE OF PURCHASING GOODS,  
WORKS AND SERVICES, ANALYSIS OF PUBLIC PROCUREMENT  
BY USING AUTOMATED INFORMATION SYSTEMS**

**A.A. Voronova, E.N. Chernykh**

Scientific Supervisor - **E.N. Chernykh**, Candidate of Economics  
Sciences

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The possibility of using automated information systems is being considered as a means of automating the process of identifying signs of violations in the procurement of goods, works and services, analysis of public procurement*

**Keywords:** analysis of procurement, Unified information system in the field of procurement, procurement audit.

На основании статьи 98 Федерального закона № 44 от 05.04.2013 Контрольно-счетными органами субъектов и муниципальных образований осуществляется аудит в сфере закупок, целью которого является выявление от-

клонений, нарушений и недостатков при осуществлении закупок объектом контроля.

Контроль объектов аудита заключается в:

- анализе соблюдения требований к обоснованию и обоснованности закупок, начальной (максимальной) цены контракта, цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), начальной цены единицы субъекта закупки;

- анализе уровня конкуренции при проведении государственных закупок;

- анализе жалоб и нарушений при проведении государственных закупок;

- анализе равномерности распределения закупок и распределения денежных средств и т.д.

- Автоматизация процесса выявления признаков нарушения в сфере аудита закупок является важным направлением цифровизации государственного управления, так как процедуры закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд характеризуются высокой вероятностью коррупционных рисков. Определяющими факторами развития данного направления являются развитие информационных технологий, в частности, возможности обработки большого массива данных, повышение требований к прозрачности проведения государственных закупок, а также снижение коррупционных рисков.

- Данные о государственных и государственно-корпоративных закупках документируются, обрабатываются и хранятся в Единой информационной системе по закупкам (ЕИС по закупкам).

На основании анализа нормативно-правовой базы можно выделить следующие нарушения в соответствии с Федеральным законом № 223, Статьей 4, частью 12, Статьей 7.32.3, частью 5 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях - несоблюдение сроков размещения:

- протокола вскрытия конвертов с заявками;

- протокола рассмотрения заявок на участие в открытом конкурсе;

- протокола оценки и сопоставления заявок с заявками на участие в открытом конкурсе;

- протокола рассмотрения заявок с заявками на участие в открытом/электронном аукционе;

- протокола проведения аукциона с заявками на участие в открытом/электронном аукционе;

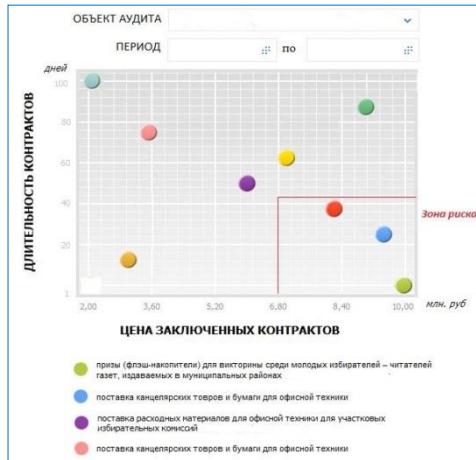
- протокола запроса котировок с заявками на участие в запросе котировок;

- протокола закупки у единственного поставщика с заявками на участие в закупке у единственного поставщика.

А также нарушения в соответствии с Федеральным законом № 223, Статьей 3, частью 2, Статьей 7.32.3, частью 5 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях о несоблюдении сроков размещения извещения о проведении открытого конкурса/аукциона; Несоблюдение сроков размещения извещения о проведении открытого аукциона (Федеральный закон № 223, Статья 3, часть 2, Статья 7.32.3, часть 5 Кодекса Российской Федерации об административных правонарушениях); Несоблюдение сроков размещения положения о закупке (Федеральный закон № 223, Статья 4, часть 1); Несоблюдение сроков размещения изменений в положении о закупке (Федеральный закон № 223, Статья 4, часть 1); Нарушение соблюдения нормативов затрат на обеспечение функций федеральных государственных органов, органов управления государственными внебюджетными фондами Российской Федерации, в том числе подведомственных им казенных учреждений (Постановление Правительства от 20 октября 2014 г. № 1084, Приложение № 1, пункт 1); Нарушение соблюдения нормативов затрат на обеспечение функций федеральных государственных органов, органов управления государственными внебюджетными фондами Российской Федерации, в том числе подведомственных им казенных учреждений (Постановление Правительства от 20 октября 2014 г. № 1084, Приложение № 2, пункт 1).

С помощью применения автоматизированных информационных систем в сфере аудита закупок возможно выявление признаков нарушений на основе алгоритмов, заложенных в систему и формирование аналитических отчетов в области государственных закупок на основе данных, загруженных с официального сайта единой информационной системы. Аналитические данные способны отражать:

- 1) Соотношение цены и длительности исполнения контрактов, по выборке объекта и анализируемого периода. Данная аналитическая отчетность должна позволять оценить риски, связанные с небольшой длительностью контракта, в течение которой необходимо освоить большую сумму. По оси абсцисс должна быть указана стоимость контракта, по оси ординат количество дней на исполнение контракта. Таким образом, контракты, которые находятся в правом нижнем углу, будут находиться в зоне риска.



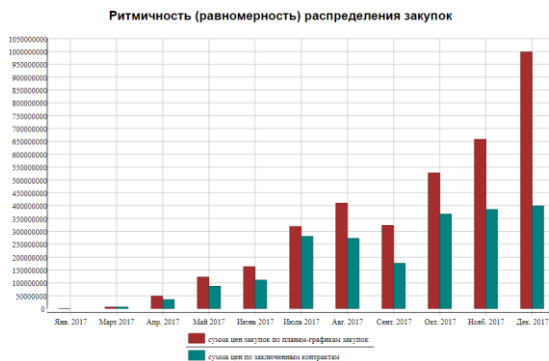
**Рис. 1. Цена и длительность контракта**

2) Плановые и фактические закупки. Данная аналитическая отчетность должна оценивать соблюдение плана закупок объектом аудита. Анализ фактического исполнения закупок в течение года должен позволять сделать вывод о равномерности исполнения бюджета, возможном риске неисполнения плана и, как следствие, риск неисполнения контрактов в связи с ограниченным временем.



**Рис. 2. Плановые и фактические закупки**

3) Равномерность распределения закупок и распределения денежных средств в течении выбранного периода. По оси абсцисс отображается временной ряд с шагом в месяц, по оси ординат - объем закупок, выраженный в начальной (максимальной) цене закупок по планам и цене заключенного контракта.



**Рис. 3. Ритмичность распределения закупок**

4) Взаимосвязь государственных заказчиков и поставщиков (подрядчиков, исполнителей). В данной отчетности в графическом виде должны быть отражены данные по суммам заключенных контрактов с поставщиком за выбранный период.

5) Уровень конкуренции. Данная отчетность должна отражать: общее количество процедур определения поставщика, количество контрактов, заключенных по итогам процедур определения поставщика, количество поданных на процедуры определения поставщика заявок, количество отозванных и отклоненных заявок, снижение начальных цен контрактов, количество участников торгов на одну процедуру определения поставщика, несостоявшиеся процедуры определения поставщика, количество заявок на одну процедуру определения поставщика.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Бюджетный кодекс Российской Федерации» от 31.07.1998 № 145-ФЗ (ред. от 27.12.2019), Глава 26 «Основы государственного (муниципального) финансового контроля».
2. Федеральный закон №44-ФЗ «О контрактной системе в сфере закупок товаров, работ, услуг для обеспечения государственных и муниципальных нужд» от 05.04.2013.
3. Разъяснения по процедуре выгрузки сведений об опубликованных документах на FTP-сервер Общероссийского официального сайта. URL: <https://zakupki.gov.ru/epz/main/public/download/downloadDocument.html?id=10217>.



**ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ ОБРАБОТКЕ  
ИНФОРМАЦИИ В ЭЛЕКТРОННОМ АРХИВЕ НА ПРИМЕРЕ  
СИСТЕМЫ ООО "НПО "КРИСТА" - "WEB-ИСПОЛНЕНИЕ  
БЮДЖЕТА"**

**К.А. Уколова, О.В. Камакина**

Научный руководитель – **О.В. Камакина**, канд. экон. наук

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
им. П.А. Соловьева

*В статье рассмотрены современные инструменты, применяющиеся в архивно-поисковых системах в области искусственного интеллекта. Рассмотрены в качестве примера методы поиска информации в электронном архиве в системе "НПО "Криста" – "Web-Исполнение".*

**Ключевые слова:** машинное обучение, архив, искусственный интеллект, архивные документы, атрибуты документов, карточки-формуляры.

**THE USE OF MODERN ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN  
THE PROCESSING OF INFORMATION IN THE ELECTRONIC  
ARCHIVE ON THE EXAMPLE OF THE SYSTEM OF LLC NPO  
KRISTA – " WEB-BUDGET EXECUTION"**

**K.A. Ukolova, O.V. Kamakina**

Scientific Supervisor – **O.V. Kamakina**, Candidate of Economic  
Sciences

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The article deals with modern tools used in archive-search systems in the field of artificial intelligence. As an example, the methods of searching for information in the electronic archive in the system "NGO "Krista" – "Web-Execution" are considered.*

**Keywords:** machine learning, archive, artificial intelligence, archive documents, document attributes, form cards.

С проблемами поиска информации сталкиваются более 61 % сотрудников, на поиск информации сотрудники крупных компаний тратят более 25 % своего рабочего времени и только в 56 % случаях они находят необходимую и удовлетворяющую их требованиям данные.

Самая основная задача организации поисковой системы - это обеспечение предоставления именно той информации, которая является актуальной и необходимой пользователям. Научить самих пользователей создавать правильные виды запросов, которые смогут их удовлетворить почти не возможно, именно поэтому в системах хранения и поиска документов необходимо использовать современные алгоритмы работы с большими объемами данных.

Удобство поиска в электронном архиве зависит от выбранного типа платформы, от методов распознавания текста, а также задач, которые ставятся перед специалистами, разрабатывающими электронный архив.

Технологии искусственного интеллекта (далее ИИ) повсеместно внедряются во многие области, в том числе в механизмы распознавания и поиска документов. Могут выделяться отдельные смысловые данные из документа не в привязке к позиции в тексте документа, а в соответствии с их семантикой.

Использование ИИ при организации хранилища данных позволит увеличить скорость работы системы. ИИ с встроенными алгоритмами машинного обучения позволит своевременно реагировать на ситуацию, влияющую на состояние системы. Целью внедрения методов ИИ является возможность минимизации человеческого фактора в работе поисковых запросов в системе.

К примеру, в тексте отчета об исполнении бюджета выделяются следующие атрибуты и характеристики: уровень бюджета, наименование учреждения, лицевой счет, КБК, суммы и другое. Для выделения атрибутов используются специальные технологии высокоуровневого семантического анализа текста на основе онтологий (специальных словарей, описывающих те или иные предметные области). Система переносит описание лингвистами предметных областей в "знания компьютера". Этот пример иллюстрирует один из двух классических подходов к реализации систем ИИ - нисходящий подход. Эти технологии семантического разбора текста и выделения отдельных смысловых сущностей могут применяться не только для автоматического поиска атрибутов (метаданных) в документах, но и для решения других задач.

Вторым подходом к обработке метаданных является, так называемый восходящий подход, моделирующий интеллект на основе аналогов нейронных сетей, что позволяет реализовать механизмы машинного обучения.

В системе "Web-Исполнение бюджета" основными инструментами, методами поиска являются:

- быстрый поиск (работает по аналогии с поисковой строкой в интернет-поисковиках);

- по атрибутам (поиск по заданным параметрам, например, времени создания документа).

– контекстный (ЭП в архиве по фразам, находящимся в нужном документе).

– полнотекстовый (поиск по целому тексту, который должен содержать искомый документ).

– по названию (если вы помните только название документа, можно задать только его, при поиске).

– по номеру (при создании электронной версии документа можно присвоить ему определенный номер, что в дальнейшем поможет при его поиске).

– карточка реквизитов.

Для быстрого поиска необходимых документов в системе организовано создание карточек-формуляров.

Карточка (формуляр) архивного документа – набор атрибутов (параметров), характеризующих документы заданной категории. Фактически, это описание значимых особенностей документа. Для каждой категории задается свой набор атрибутов. Они используются для быстрого поиска нужного документа и его анализа. Если какое-либо поле карточки не заполнено, то система считает это поле пустым и подставляет в него любое значение документа.

В карточке архивного документа задаются следующие параметры:

– системные атрибуты (их значения определяются автоматически. Например: вид импорта, указывающий, каким способом документ был добавлен в архив);

– атрибуты конкретного отчета (например, ограничения, с которыми отчет был сформирован: бюджет, расчетный счет, лицевой счет, дата отчета, вид деятельности, классификация);

– атрибуты конкретного первичного документа (это атрибуты документа, по которому был сформирован внутренний печатный документ, помещаемый в архив);

– произвольные атрибуты (значения этих свойств должны указываться вручную при вводе карточки, так как их нельзя определить на основании данных самого отчета. Например: примечание к документу).

Необходимый для каждой категории набор атрибутов может настраиваться пользователем путем редактирования структуры карточки. В структуре карточки можно указать, будет ли атрибут редактироваться пользователем, обязателен ли он для указания, является ли ключевым.

Ключевые атрибуты предназначены для определения идентичности документов внутри категории. Также в структуре карточки может быть задано постоянное значение атрибута. В этом случае значение атрибута используется в качестве дополнительного фильтра. Например, если в карточку отчета "Главная книга" добавить атрибут "Вид деятельности" и в поле "Постоянное значение" указать значение "1 – Деятельность за счет средств бюджета", то в данную категорию будут попадать только документы, сформированные с помощью отчета "Главная книга" по бюджетной деятельности.

Алгоритм работы с внутренними документами более простой, так как документы по сути уже являются структурированными, потому что где-то в системе хранятся параметры ограничений, по которым был сформирован тот или иной отчет. Однако более сложный механизм работы с внешними документами, так как системе для начала нужно распознать документ, выделить из него какие-либо атрибуты и затем уже для оптимизации дальнейшего поиска документов поместить в необходимую папку электронного архива.

Алгоритм помещения внешнего документа в ЭА:

– разбиение текста на параграфы и предложения для дальнейшей обработки информации;

– извлечение атрибутов для дальнейшей классификации документов.

Именно на данном этапе предусматривается использование технологий ИИ, а именно семантический поиск, который, как показывают исследования, является одним из высоко эффективных способов распознавания информации, обеспечивающий повышение точности поиска на 20 %, а полноты на 30 % по сравнению с полнотекстовым поиском.

Алгоритм семантического поиска заключается в морфологической обработки предварительно выделенных предложений. На данном шаге определяются части речи, начальная форма слова и такие параметры, как падеж или склонения. На основании этих данных, определяются главные члены предложения, которые и записываются в так называемую "Базу знаний".

Главное отличие семантического поиска от лексического состоит в том, что в первом способе данные сопоставляются на основе значения и контекста.

Полученные данные в "Базе знаний" далее будут использоваться при формировании поисковых запросов в архиве. То есть при формировании запроса на поиск будут сравниваться введенные данные с главными частями речи, сохраненными в "Базе знаний". При совпадении смысла какого-то из слов готового варианта ответа и введенного вопроса, семантический вес увеличивается на единицу. Чем большее значение совпадения, тем большим считается значение семантического веса, и вариант ответа является наиболее подходящим.

Данный алгоритм поиска данных в архиве повлияет на быстроту и полноту предоставления результатов поискового запроса пользователей.

Таким образом, морфологический анализ позволяет достаточно дешевым способом проверить принадлежность слова той или иной категории формальной семантики. После заполнения "Базы знаний", определения сущностей внешнего документа система начинает процесс сопоставления.

В системе существуют заранее известные базовые сущности, которые необходимо вычислить в искомом документе: бюджет, начальная дата, конечная дата, подписи, учреждение, лицевой счет, вид БК, КБК. Эти базовые сущности заложены в карточках электронного архива.

Определив сущности внешнего документа, система сопоставляет полученные данные атрибутам карточек. При совпадении каких-либо признаков,

пройдя через весь массив данных, система автоматически определяет категорию данных и помещает документы в ЭА.

В случае совпадения признаков нескольких групп категорий пользователю предоставляется возможность самому добавить новый атрибут, по которому произойдет сегментация электронного документа.

Результатами применения ИИ являются автоматическое определение типа документа, выделение атрибутов и автоматическое создание карточки-формуляра электронного документа в архиве, исключение риска потери или порчи документов, экономия времени сотрудников, обеспечение юридической значимости документов.

Используемые технологии ИИ показывают эффективность применения на управленческом уровне, в том числе помогая аналитикам агрегировать нужную информацию, чтобы быстрее принимать решения.

Таким образом, методы искусственного интеллекта уменьшают количество повторяющихся рутинных операций, в которых человек зачастую допускает больше ошибок, чем система.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Современные методы и средства построения систем информационного поиска. URL: <https://habr.com/ru/company/mailru/blog/257119/>

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА  
ЭНДОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ  
РАСПОЗНАВАНИЯ НА ОСНОВЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ  
СЕТЕЙ**

**А.А. Тихомиров, О.С. Антонова**

Научный руководитель – **В.В. Хрящев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*В данной статье рассматривается вопрос оценки качества эндоскопических изображений и создание алгоритма на основе методов глубокого обучения сверточных нейронных сетей для его решения.*

**Ключевые слова:** эндоскопия, глубокое обучение, сверточные нейронные сети, цифровая обработка изображений, оценка качества изображений, детектирование объектов.

**DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR ASSESSING  
THE QUALITY OF ENDOSCOPIC IMAGES FOR RECOGNITION  
PROBLEMS BASED ON CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORKS**

**A.A. Tikhomirov, O.S. Antonova**

Scientific Supervisor – **V.V. Khryashchev**, Candidate of Technical Science,  
Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*This article discusses the issue of assessing the quality of endoscopic images and the creation of an algorithm based on deep learning methods of convolutional neural networks to solve it.*

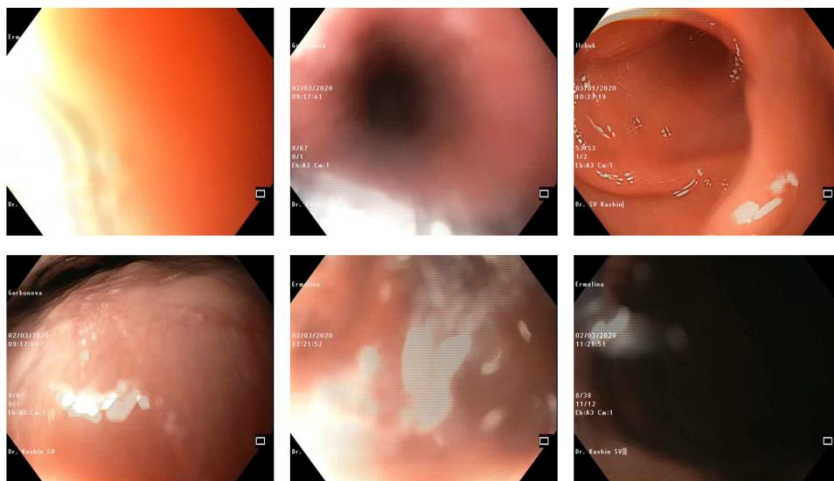
**Keywords:** endoscopy, deep learning, convolutional neural networks, digital image processing, image quality assessment, object detection.

Оценка воспринимаемого качества изображений важна для решения большинства проблем, связанных с передачей изображений и их обработкой.

На данный момент основной задачей современной эндоскопии является диагностика предраковых состояний и рака желудочно-кишечного тракта. Ошибка при эндоскопическом исследовании – это заключение врача-

эндоскописта, которое полностью или частично не соответствует патологическим изменениям исследуемого органа. Один из видов такой ошибки – неправильная трактовка результатов эндоскопического исследования. Это может произойти как из-за некомпетентности врача, так и из-за плохого качества эндоскопического изображения.

При этом в течение последнего десятилетия для изучения продуктивности работы в оценке качества медицинских изображений были использованы многие инструменты оценки качества естественных изображений [1]. В их число вошли такие популярные методы как SSIM (Structure Similarity – индекс структурного сходства), PSNR (Peak Signal-to-Noise Ratio – пиковое отношение сигнала к шуму). В связи с тем, что в отличие от классических типов искажения естественных изображений, медицинские изображения совершенно различны, простое применение готовых базовых методов приводит к малой эффективности системы и низкой точности получаемых в результате обследования заключений.



**Рис. 1. Примеры эндоскопических изображений с разнородными искажениями**

Применение методов цифровой обработки сигналов, глубокого обучения и сверточных нейронных сетей позволит качественно регистрировать результаты эндоскопической диагностики, формировать обширные базы данных и обучать на них как системы поддержки принятия решений, так и медицинский персонал.

Показатели качества изображения классифицируются в зависимости от количества информации, доступной из исходного эталонного изображения – если она вообще существует [2]. Наиболее информативными изображениями

являются кадры, что содержат в себе объекты, а именно полипы. Для их поиска используются методы нейросетевого детектирования объектов. Эталонные методы имеют доступ к полному исходному изображению, для неэталонных методов никакой информации о нем нет.

Для первого метода определения качества изображений была создана эталонная метрика, основанная на сравнении различных карт характеристик, извлеченных из тестового и эталонного изображений с использованием сверточных нейронных сетей.

С помощью метрики качества эталонного изображения рассчитывается качество тестового изображения на разных сверточных слоях и пространственных уровнях и объединяются полученные значения, чтобы представить единую оценку, то есть общее качество изображения. Для извлечения признаков изображения выбрана обученная нейронная сеть AlexNet. Признаками считаются выходы пяти сверточных слоёв AlexNet, до применения к ним ReLU активации и до слоев максимального пула. Веса используемой нейронной сети получены в результате обучения на базе ImageNet. Используемая нейронная сеть принимает на входе RGB-изображение 227x227x3 и возвращает метку одного из 1000 классов. Описанный алгоритм может использовать для извлечения карт признаков сверточные сети и другие архитектуры.

Неэталонные метрики – более сложная задача, так как они не используют никакую информацию об оригинальном изображении.

Такие алгоритмы применимы в системах поддержки принятия врачебного решения. Подход, используемый для данной системы, состоит из пяти частей.

Первый этап – создание такой нейросетевой архитектуры, которая позволит определить наличие или отсутствие объекта на изображении и найдет его границы. В качестве базовой структуры предлагается использовать алгоритм SSD (Single Shot Detector) [3].

Второй и третий этапы – предварительное обучение на общедоступных базах изображений «ImageNet», содержащий в себе более 14 млн. изображений разного рода и размера, разделённые на 21800 классов, и «KvasirDataset», включающий в себя 4000 изображений, отобранных норвежскими специалистами при гастроэнтерологических исследованиях, и создание оригинальной базы эндоскопических изображений, предоставленных ЯОКОБ, с разметкой.

Четвертый этап – выполнение аугментации эндоскопических снимков и преобразование их в полутоновый вид. Для увеличения разнообразия обучающей и тестовой выборок использовались такие методы аугментации, как управление контрастностью, резкостью, углом поворота и масштабирование.





**Рис. 2. Примеры изображений из базы Kvasir Dataset**

Пятый этап – обучение и тестирование разработанных алгоритмов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ding Y.* Visual Quality Assessment for Natural and Medical Image / Y. Ding. China, Hangzhou: Zhejiang University Press and Germany: Springer-Verlag GmbH, 2018. 271 p.
2. *Bosse S.* Deep Neural Networks for No-Reference and Full-Reference Image Quality Assessment / S. Bosse, D. Maniry, K. Müller et al. IEEE TRANSACTIONS ON IMAGE PROCESSING, VOL. 27, NO. 1. 2018. PP. 206 – 219.
3. *Liu W.* SSD: Single Shot Multibox Detector / W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan, et al. CoRR, abs/1512.02325. 2015. PP. 1–17.

**РАСПОЗНАВАНИЕ ПАТОЛОГИЙ  
НА КОЛОНОСКОПИЧЕСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПРЯМОГО  
КИШЕЧНИКА С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА НА ОСНОВЕ  
МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**А.А. Болотова, А.С. Журавлева**

Научный руководитель – **В.В. Хрящев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*Рассматривается алгоритм для детектирования патологий на колоноскопических снимках толстого кишечника на основе сверточной нейронной сети. В качестве архитектуры сверточной нейронной сети используется сеть SSD с базовой частью VGG-300. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшей разработки системы поддержки принятия решений.*

**Ключевые слова:** колоноскопия, нейронная сеть, глубокое обучение, детектирование объектов.

**RECOGNITION OF PATHOLOGIES ON COLONOSCOPIC  
IMAGES OF THE RECTUM USING AN ALGORITHM BASED  
ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE**

**A.A. Bolotova, A.S. Zhuravleva**

Scientific Supervisor – **V.V. Khryashchev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*An algorithm for detecting pathologies on colonoscopic images of the large intestine based on a convolutional neural network is considered. As the architecture of the convolutional neural network, an SSD network with a VGG-300 base part is used. The results obtained can be used to further develop a decision support system.*

**Keywords:** colonoscopy, neural network, deep learning, object detection.

На сегодняшний день наиболее интересный вопрос в области компьютерного зрения – это автоматическое детектирование и классификация объектов на изображениях. Актуальной является задача создания систем автоматизации медицинской диагностики. Разработка подобных систем способствует

снижению нагрузки на медицинский персонал, а также повышению качества проведения исследований [1].

Одним из важных видов обследований среди онкологических заболеваний является анализ колоноскопических изображений. Колоноскопические процедуры относятся к исследованиям экспертного уровня. Даже при своевременном их проведении происходят пропуски около 8 % полипов, которые могут перерождаться в рак. Наиболее востребованным и малоизученным вариантом обследования в данной области является реализация систем поддержки принятия решений для проведения колоноскопии, способных обнаружить злокачественные образования в кишечном тракте на ранних стадиях.

Эффективным методом, используемым в основе систем поддержки принятия решений на основе анализа изображений, является применение нейронных сетей – подхода из области глубокого обучения.

В качестве исходных данных для работы путем проведения процедуры колоноскопии была собрана совместно со специалистами Ярославской областной онкологической больницы база из 6430 изображений полипов. Видеофрагменты и медицинские снимки поступали с моделей видеокколоноскопов Olympus CF-Q180AL и Olympus CF-Q190AL. Технологии диагностики, создаваемые для данной области, предназначены для детектирования патологий прямого кишечника – полипов. Для всех изображений была создана экспертная разметка – выделение областей, на которых присутствуют полипы. Для аугментации базы были задействованы открытые наборы медицинских изображений. Таким образом, были определены 3 выборки. Обучающая выборка, состоящая из 6330 кадров полипов и открытых наборов CVC-ClinicDB (612 кадров полипов) и CVC-ColonDB (380 кадров полипов). Валидационная выборка - открытый набор ETIS-LaribPolypDB из 196 снимков полипов. Тестовая выборка – набор из 100 кадров полипов.

В качестве классификатора применялась сеть SSD[2]. Ряд начальных слоев сети SSD – так называемая базовая сеть – представляет собой архитектуру сети VGG. Таким образом, в работе использовалась сеть SSD с базовой частью VGG, размер входного слоя 300x300. Предварительно она была обучена на наборе данных ImageNet.

Для сравнения результатов использовались метрики оценки качества [3]. Метрика mean Average Precision ( $mAP$ ) имеющая формулу:

$$mAP = \frac{\sum_{i=1}^K AP_i}{K}, \quad (1)$$

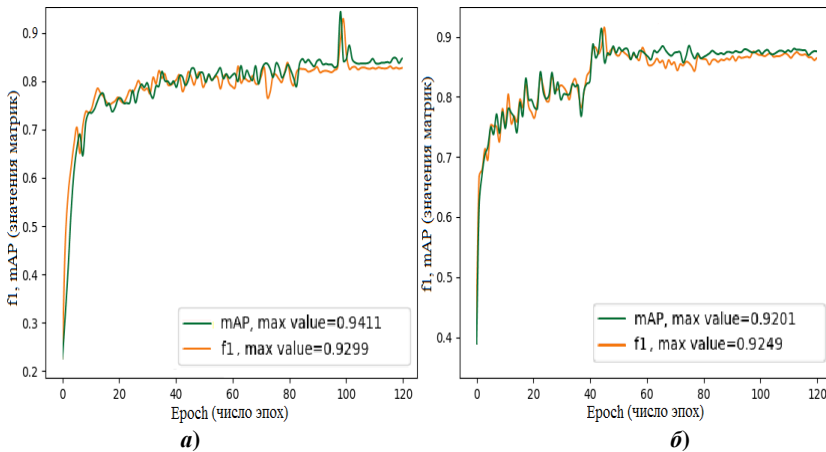
где  $K$  – число классов,  $AP$  – средняя точность работы алгоритмов.

Мера F1 вычисляется согласно следующему соотношению:

$$F1 = 2 \cdot \frac{P \cdot R}{P + R}, \quad (2)$$

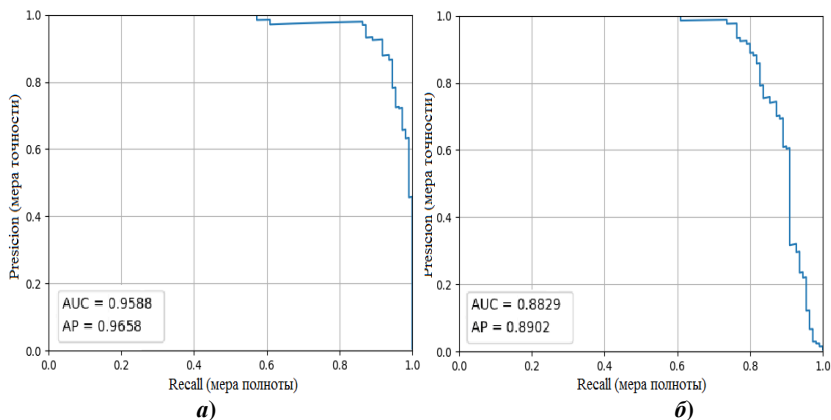
где  $P$  – мера точности,  $R$  – мера полноты.

Обучение сети производилось по двум алгоритмам оптимизации: стохастический градиентный спуск (SGD) и оптимизатор Adam. Обучение осуществлялось в течение 120 эпох. На рисунке 1 приведены зависимости значений метрик  $mAP$  и  $F1$  от числа эпох обучения.

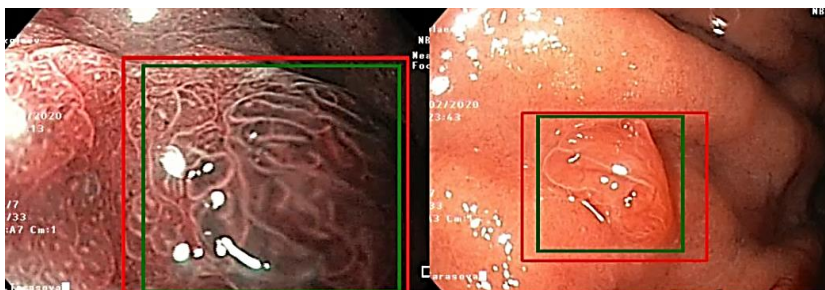


**Рис. 1. Кривые зависимости значений метрик  $mAP$  и  $F1$  от числа эпох обучения для тестовой выборки:**  
 а) при SGD; б) при оптимизаторе Adam

Значения метрик, полученные при использовании оптимизатора Adam, немного уступают значениям при SGD. При этом на тестовой выборке достигается максимальное значение метрики  $F1$ , равное 0,93, получаемое при значении меры точности, равном 0,94, и значении меры полноты, равном 0,93. На рисунке 2 представлены кривые зависимости значений точности от полноты для тестовой выборки. При использовании SGD достигаются более высокие значения как метрики  $AP$ , так и площади подграфика (AUC) кривой зависимости точности от полноты (на 9 % выше для обеих метрик, чем при использовании оптимизатора Adam). Полученные значения точности и полноты для рассматриваемой модели являются достаточно высокими. На рисунке 3 продемонстрирован пример детектирования патологий предложенным алгоритмом. Зеленый прямоугольник соответствует экспертной разметке, а красный – разметке, выполненной разработанным алгоритмом. Наблюдается достаточно высокий уровень совпадения рамок.



**Рис. 2.** Кривые зависимости значений точности от полноты для тестовой выборки:  
*а)* при SGD; *б)* при оптимизаторе Adam



**Рис. 3.** Примеры детектирования патологий

Таким образом, сеть SSD с базовой частью VGG-300 показала высокие результаты при детектировании полипов на колоноскопических изображениях. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейшей разработки системы поддержки принятия решений, позволяющей частично автоматизировать работу специалиста.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Николенко С.И.* Глубокое обучение / С.И. Николенко, А.А. Кадулин, Е.О. Архангельская. СПб.: Питер, 2018. 480 с.
2. SSD: SingleShotMultiboxDetector. URL: <https://arxiv.org/abs/1512.02325>
3. *Бринк Х.* Машинное обучение / Х. Бринк, Д. Ричардс, М. Феверолф. СПб: Питер, 2017. 336 с.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПО ДЕТЕКТИРОВАНИЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

**А.В. Сенников**

Научный руководитель – **В.В. Хрящев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*В данной статье рассматривается создание программного алгоритма для детектирования медицинских масок. Для реализации поставленной задачи используются две нейросетевые модели на базе SSD и MobileNetV2.*

***Ключевые слова:** глубокое обучение, детектирование объектов, медицинские маски, свёрточные нейронные сети.*

## DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR DETECTING THE USE OF PERSONAL PROTECTIVE EQUIPMENT

**A.V. Sennikov**

Scientific Supervisor – **V.V. Khryashchev**, Candidate of Technical  
Science, Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*This article discusses the creation of a software algorithm for detecting medical masks. To implement this task, we use two neural network models based on SSD and MobileNetV2.*

***Keywords:** deep learning, object detection, medical masks, convolutional neural networks*

В данной статье речь пойдет об использовании такого вида средств индивидуальной защиты, как медицинские маски. В связи с эпидемиологической обстановкой у государственных и частных организаций появился сопутствующий ряд проблем, таких как отсутствие четкого понимания о том, с какой ответственностью и в каком количестве люди соблюдают медицинские огра-

ничения, а также необходимость нанимать дополнительных сотрудников для контроля посетителей на входе в общественных местах.

Принцип работы разрабатываемого решения заключается в том, что программа считывает изображение с камеры видеонаблюдения, расположенной, например, на каком-либо пропускном пункте, детектирует наличие или отсутствие медицинской маски на лицах проходящих мимо людей, а далее использует результаты детектирования для сбора статистики соблюдения ограничительных мер, которая необходима контролирующим органам. Также при обнаружении системой нарушения потребителю может быть отправлено уведомление об этом, а при наличии турникета система позволит ограничить вход человеку без маски.

Блок детектирования медицинских масок построен из двух нейронных сетей. Первая из них представляет из себя детектор SSD(SingleShotDetector), архитектура которого изображена на рисунке 1.

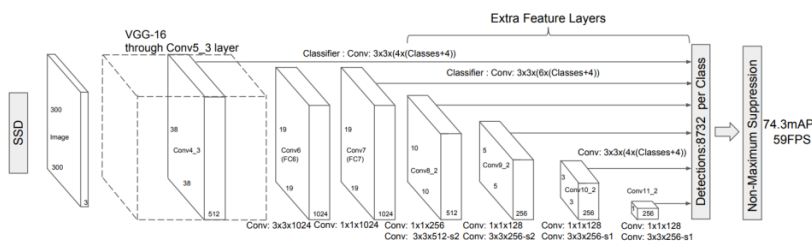


Рис. 1. Архитектура SSD

Данная нейронная сеть занимается обнаружением лиц на получаемом с камеры наблюдения изображении.

Результаты работы блока SSD в виде обрезанных изображений лиц, если таковые были найдены, передаются во вторую нейросеть, которая по ним классифицирует наличие или отсутствие медицинской маски.

Классификатор основан на предобученной модели с архитектурой MobileNetV2. Данная архитектура отличается высокой скоростью работы и небольшим количеством параметров. Ее количественное сравнение с другими подобными архитектурами на примере ImageNet можно наблюдать ниже в таблице 1.

**Таблица 1. Сравнение архитектур**

Network	Params	CPU
MobileNetV1	4.2	113ms
ShuffleNet (1.5)	3.4	-
ShuffleNet (2)	5.4	-
NasNet-A	5.3	183ms
MobileNetV2	3.4	75ms

В таблице 2 приведена сама структура MobileNetV2

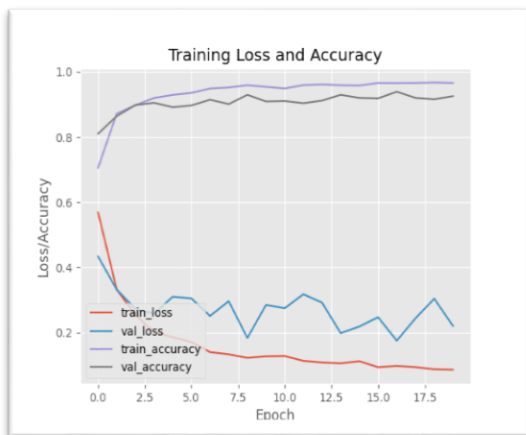
**Таблица 2. MobileNetV2**

Input	Operator	$t$	$c$	$n$	$s$
$224^2 \times 3$	conv2d	-	32	1	2
$112^2 \times 32$	bottleneck	1	16	1	1
$112^2 \times 16$	bottleneck	6	24	2	2
$56^2 \times 24$	bottleneck	6	32	3	2
$28^2 \times 32$	bottleneck	6	64	4	2
$14^2 \times 64$	bottleneck	6	96	3	1
$14^2 \times 96$	bottleneck	6	160	3	2
$7^2 \times 160$	bottleneck	6	320	1	1
$7^2 \times 320$	conv2d 1x1	-	1280	1	1
$7^2 \times 1280$	avgPool 7x7	-	-	1	-
$1 \times 1 \times 1280$	conv2d 1x1	-	k	-	-

К предобученной модели добавляются 2 полносвязных слоя, разделенных слоем прореживания.

Таким образом, конечная модель обладает двумя выходами, соответствующими наличию или отсутствию медицинской маски. Обучение классификатора наличия или отсутствия маски предварительно проходило с использование базы данных из изображений лиц (3000 с маской и 3000 без), находящихся в открытом доступе в интернете. На этих изображениях модель выдавала точность детектирования около 96 %. Результаты обучения представлены на рисунке 2.





**Рис. 2. Результаты обучения модели**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Mark Sandler*. MobileNetV2: Inverted Residuals and Linear Bottlenecks / Mark Sandler, Andrew Howard, Menglong Zhu, Andrey Zhmoginov, Liang-Chieh Chen // arxiv.org. URL: <https://arxiv.org/pdf/1801.04381.pdf> (дата обращения: 18.03.2021).
2. *Wei Liu*. SSD: Single Shot MultiBox Detector / Wei Liu, Dragomir Anguelov, Dumitru Erhan, Christian Szegedy, Scott Reed, Cheng-Yang Fu, Alexander C. Berg // arxiv.org. URL: <https://arxiv.org/pdf/1512.02325.pdf> (дата обращения: 18.03.2021).
3. *Джон Крон*. Глубокое обучение в картинках. Визуальный гид по искусственному интеллекту. Санкт-Петербург : Питер, 2021. 400 с.

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯХ ВО ВРЕМЯ СПОРТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

**А.А. Шлапаченко**

Научный руководитель – **В.В. Хрящев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*В данной статье рассматривается алгоритм для детектирования игроков во время игры в баскетбол. Для реализации поставленной задачи используются алгоритм, основанный на смеси частей.*

***Ключевые слова:** глубокое обучение, детектирование объектов, игра в баскетбол, свёрточные нейронные сети*

## **DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR DETECTING OBJECTS IN VIDEO IMAGES DURING SPORTS EVENTS**

**A.A. Shlapachenko**

Scientific supervisor – **V.V. Khryashchev**, Candidate of Technical Science, Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*This article discusses an algorithm for detecting players during a basketball game. To implement this task, an algorithm based on a mixture of parts is used.*

***Keywords:** deep learning, object detection, game of basketball, convolutional neural networks*

В данной статье речь пойдет об обнаружении игроков в баскетбольном матче. Задача детектирования состоит из различных подзадач, таких как обнаружение лиц, обнаружение игроков и обнаружение человеческих голов. Проблемы обнаружения могут возникнуть как из-за больших вариантов ракурсов, поз, условий, так и из-за определения того, где находятся объекты на заданном изображении (локализация объекта) и к какой категории относится каждый объект (классификация объектов).

Принцип работы разрабатываемого решения заключается в том, что программа считывает изображение с камеры видеонаблюдения, расположенной в спортивном зале, детектирует баскетболистов во время матча для составления статистики отдельных игроков, например, кто и сколько набрал очков, отдал передач и т. п.

Основными этапами алгоритма являются:

- Создание модели игрока. Одна из основных целей данной работы – обнаружение игроков в баскетбольном матче. Для этого были использованы статические изображения из записанных сюжетов. Оценка осанки тела чрезвычайно трудна из-за множества степеней свободы, поэтому предлагается решить эту проблему, введя новое представление для моделирования семейства аффинно-деформированных шаблонов, которое называется смесью неориентированных графических структур, как это сделали Yang и Ramanan [1]. Они дополняют классические «пружинные» модели ограничениями совместного вхождения, которые благоприятствуют определенной комбинации деталей. Такие ограничения могут моделировать локальную жесткость.

- Модель обучения. Обучение проводится по алгоритму, основанному на смеси частей. При таком подходе ориентация частей тела достигается серией шаблонов, которые создаются для каждой части. Это число определяется путем перекрестной проверки и, если тренировка основана на одной группе баскетболистов, она имеет пять или шесть схем на каждую часть. Это отличается от стандартного метода, в котором один шаблон используется для любой части тела [2]. Моделирование деталей с использованием вышеуказанного метода обеспечивает большую гибкость. Следующим шагом является преобразование точек в области, которые будут использоваться в обучении. Ширина каждой области одинакова, так как рассчитывается с использованием расстояния Евклида и берется среднее значение расстояния. В области образования было рассчитано векторы функций HOG. Основной причиной использования алгоритма HOG является необходимость создания надежного набора функций, которые позволяют четко различать игрока или его часть, даже если фон или освещение не являются постоянными. Основная идея этого алгоритма заключается в том, что части объекта и их форму можно хорошо описать путем деления локальных градиентов интенсивности. Реализация этого алгоритма достигается путем разделения наблюдаемого изображения на небольшие пространственные области, называемые ячейками. Для каждой ячейки определяется локальная одномерная гистограмма направления градиента или ориентации краев по пикселям в этой ячейке. Комбинация значений гистограммы создает новое представление объекта. Чтобы добиться более низкой чувствительности к изменениям освещения, теней и т. д., была использована нормализацию оттенков.

Таким образом, обучение модели выполняется с использованием изображений игроков, характеризующихся четырнадцатью точками (лодыжки,

колени, бедра, запястья, локти, плечи, подбородок и кожа головы). Область вокруг каждой точки представляет собой образец определенной категории объектов. По каждой области мы вычисляем гистограмму ориентированных градиентов (HOG), чтобы создать вектор признаков. Причиной введения таких векторов признаков является тот факт, что они менее восприимчивы к изменениям цвета из-за различных условий освещения. Это также является одной из причин, почему этот подход может быть более устойчив, чем подходы, основанные на использовании цвета.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Yang Y.* Articulated pose estimation using flexible mixture of parts / Y. Yang, D. Ramanan // 2011 IEEE conference on computer vision and pattern recognition (CVPR). Irvine, USA, 2011. Pp. 1385–1392.
2. *Felzenszwalb P.F.* Pictorial structures for object recognition / P.F. Felzenszwalb, D.P. Huttenlocher // International Journal of Computer Vision. 2005. Vol. 61, N 1. Pp. 55–79.

## **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ТРЕКИНГА ОБЪЕКТОВ НА ВИДЕОДАНЫХ СПОРТИВНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ**

**А.А. Данилов**

Научный руководитель – **В.В. Хрящев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*В данной статье рассматривается создание алгоритма для сопровождения выделенной области человека на видеоизображениях спортивных мероприятий. Для реализации поставленной задачи используются методы машинного обучения.*

***Ключевые слова:** сопровождение объектов, компьютерное зрение, сверточные нейронные сети, машинное обучение*

## **DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR TRACKING OBJECTS ON THE VIDEO DATA OF SPORTS EVENTS**

**A.A. Danilov**

Scientific supervisor – **V.V. Khryashchev**, Candidate of Technical Science,  
Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*This article discusses the creation of an algorithm for tracking a selected area of a person in video images. To implement the task, machine learning methods are used.*

***Keywords:** object tracking, computer vision, convolutional neural networks, machine learning*

В данной статье речь пойдет о сопровождении игроков в волейбольном матче. Особый интерес представляют системы автоматического распознавания движений спортсменов в таких видах спорта, как футбол, баскетбол и волейбол, для получения статистической информации, предназначенной для анализа поведения отдельных игроков, команд и матчей. Характерной особенностью таких систем является то, что для достижения правильных результатов необходимо использовать видеоданные, за исключением сильного взаимного перекрытия объектов. Видеоданные, захваченные купольными камерами, идеально подходят для этих условий. Проблема обнаружения головы человека с этого

ракурса до сих пор остается недостаточно изученной и представляет большой научный и практический интерес.

Основной целью является разработка алгоритмов сопровождения движущихся объектов на видеоданных спортивных мероприятий.

Задача сопровождения объектов (трекинг) заключается в том, чтобы присвоить соответствующие метки одним и тем же объектам в разных кадрах.

Принцип работы разработанного решения заключается в том, что программа считывает изображение с видеокамеры в спортивном зале, сопровождает волейболистов во время матча для получения статистики отдельных игровых, например, кто и сколько набрал очков, совершил блоков и т. д.

Таким образом, обучение модели выполняется с использованием изображений игроков с камеры, затем идет обработка изображения, далее анализ сцены и оканчивается визуализация результата.

Этап обработки изображения (также называемый предварительной обработкой) - это этап, на котором изображение улучшается, например, с помощью фильтрации шума или преобразования цвета. Обработка изображений также позволяет искать важные элементы или части сцены, которые следует проанализировать. На этапе анализа сцены используются различные методы и алгоритмы, включая методы машинного обучения, для распознавания, отслеживания или восстановления трехмерной модели объектов на сцене. Последним шагом может стать визуализация и представление результатов. За счет обратной связи от этапа анализа сцены к этапу обработки изображения передается некоторая информация, которая может помочь оптимизировать этап обработки изображения.

Отслеживание является типичной проблемой компьютерного зрения. На рисунке 1 показаны шаги отслеживания игроков с помощью компьютерного зрения.



**Рис. 1. Этапы системы компьютерного зрения для отслеживания игроков в командных видах спорта**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Петричкович Я.Я.* Перспективы развития систем с применением компьютерного зрения // Естественные и технические науки. 2013. №1. С. 238–246.
2. *Дворкович В.П.* Цифровые видеоинформационные системы (теория и практика). М. : Техносфера, 2012. 1009 с.
3. *Кругль Г.Н.* Профессиональное видеонаблюдение. Практика и технологии аналогового и цифрового ССТV. М. : Секьюрители Фокус, 2010. 640 с.

## **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ВИДЕОАНАЛИТИКИ С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ОНЛАЙН-УРОКОВ ФИЗКУЛЬТУРЫ И ДОМАШНЕГО ФИТНЕСА**

**М.Д. Удодова**

Научный руководитель – **В.В. Хрящев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*Рассматривается разработка прототипа программного комплекса для видеоаналитики онлайн-уроков физкультуры и домашнего фитнеса. Описываются алгоритмы, входящие в состав программного продукта, а также его возможности и применение.*

***Ключевые слова:** системы видеоаналитики, глубокое обучение, сверточные нейронные сети, домашний фитнес, онлайн-уроки.*

## **DEVELOPMENT OF A VIDEO ANALYTICS SYSTEM WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE ELEMENTS FOR ONLINE PHYSICAL EDUCATION AND HOME FITNESS CLASSES**

**M.D. Udodova**

Scientific Supervisor – **V.V. Khryashchev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*The development of a prototype software package for video analytics of online physical education and home fitness classes is considered. The algorithms that are part of the software product, as well as its capabilities and application, are described.*

***Keywords:** video analytics systems, deep learning, convolutional neural networks, home fitness, online lessons.*

### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время необходимость в разработке и внедрении цифровых решений в области физической культуры и спорта являются приоритетными направлениями для развития спорта в России. Резкий рост интереса граждан к занятиям физической культурой и спортом, в том числе к фитнес-услугам иг-

рает важную роль в развитии, в частности, дистанционных технологий контроля выполнения физических упражнений. Разработанный программный комплекс позволит выполнять упражнения дистанционно, контролируя при этом правильность их выполнения. Для дистанционных занятий физической культурой в образовательных учреждениях разработка обеспечит двустороннюю коммуникацию между студентом и преподавателем. Также программный комплекс позволит заниматься дистанционно, в онлайн режиме.

Возможности программного комплекса

1. Идентификация личности занимающегося.
2. Анализ правильности выполнения занимающимся физических упражнений.
3. Выдача рекомендаций по корректировке упражнений в случае их неверного выполнения.
4. Автоматическая фиксация, регистрация и учет результатов занимающегося в специальной базе данных.
5. Возможность построения рейтингов пользователей, сравнения результатов с другими пользователями, организации тематических «челленджей» по отдельным упражнениям и комплексу ГТО в целом.

Этапы разработки

1. Сбор и формирование базы изображений и видеопоследовательностей, типичных для комплекса ГТО и домашнего фитнеса.
2. Создание алгоритмов предобработки изображений и видеопоследовательностей.
3. Разработка нейросетевых алгоритмов обнаружения и отслеживания спортсменов на видеоданных.
4. Обучение и тестирование нейросетевых алгоритмов.
5. Разработка модуля подсчета базовых статистических показателей спортсменов.
6. Разработка прототипа приложения для видеоанализа онлайн-уроков физкультуры и домашнего фитнеса.

Используемые алгоритмы

Для разметки видеопоследовательностей использовался заранее обученный алгоритм OpenPose.

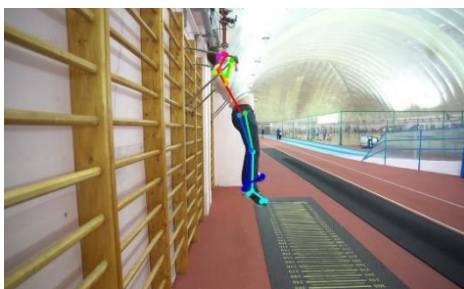




**Рис. 1. Размеченный скриншот из собранной базы видеопоследовательностей, упражнение отжимания**



**Рис. 2. Размеченный скриншот из собранной базы видеопоследовательностей, упражнение наклоны**



**Рис. 3. Размеченный скриншот из собранной базы видеопоследовательностей, упражнение подтягивания**

Алгоритм OpenPose основан на картах доверия. Способом прогнозирования местоположения суставов является создание карт достоверности для каждого сустава. Карты достоверности представляют собой распределение вероятностей по изображению, представляющее достоверность местоположения соединения в каждом пикселе.

Разрабатываемый алгоритм

Определение правильности выполнения упражнения будет производиться с помощью нового, уникального алгоритма оценки позы человека. Этот алгоритм планируется создать в процессе реализации проекта.

Модульная архитектура программного комплекса

Создаваемый программный продукт будет иметь модульную архитектуру. Он будет в себя включать:

1. Модуль получения и предобработки видеоданных.
2. Модуль обнаружения и отслеживания целевых объектов.
3. Модуль подсчета базовых статистических показателей спортсменов.
4. Модуль интерфейса.
5. Модуль управления.

Аппаратная часть разрабатываемого программного продукта

Веб-камера и персональный компьютер или ноутбук, которые имеют следующие характеристики:

1. Веб-камера с разрешением 720 p. (1920×1080 пикселей) и выше.
2. Компьютер или ноутбук на базе процессора Intel Core i5 с частотой 2.5 ГГц и выше и видеокартой NVIDIA GeForce GTX 1660 с объемом памяти 8 Гб и выше и частотой графического процессора 1500 МГц и выше.

Для реализации нейросетевых алгоритмов обнаружения и отслеживания спортсменов будут применяться методы объектно-ориентированного программирования на языке Python и использоваться инструменты библиотеки компьютерного зрения OpenCV, а также один из фреймворков машинного обучения: Caffe, Keras, TensorFlow, PyTorch, MXNet.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Цифровизация в сфере физической культуре и спорта: состояние вопроса // cyberleninka. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/tsifrovizatsiya-v-sfere-fizicheskoy-kultury-i-sporta-sostoyanie-voprosa/viewer> (дата обращения: 18.03.2021).
2. Оценка позы человека: упрощенная machinelearningmastery. URL: <https://www.machinelearningmastery.ru/human-pose-estimation-simplified-6cfd88542ab3/> (дата обращения: 18.03.2021).

## **ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АЛГОРИТМОВ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ В ЗАДАЧЕ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ВИДЕОАНАЛИТИКИ НА СТРОИТЕЛЬНОМ ОБЪЕКТЕ**

**Н.В. Котов, А.Е. Назаровский, В.В. Хрящев**

Научный руководитель – **В.В. Хрящев**, канд. тех. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*Представлены результаты работы алгоритмов автоматического детектирования объектов классов «башенный кран», «строительная мобильная техника», «человек на строительной площадке» с камер видеонаблюдения. Обучение и тестирование алгоритмов осуществлялось на наборе изображений MSCOCO и оригинальной базе из 5357 изображений, собранных с камер видеонаблюдения на разных строительных площадках. Сравниваются результаты обработки изображений алгоритмами на основе разных архитектур сверточных нейронных сетей: модификации SSD, YOLO и EfficientDet (вариант архитектуры - EfficientNetB4). Алгоритм на последней архитектуре выбран как наиболее подходящий для дальнейшей разработки системы комплексного мониторинга работ и трекинга активности подрядчика на строительной площадке.*

***Ключевые слова:** сверточные нейронные сети, детектирование объектов, мониторинг строительных работ, обучающая и тестовая базы данных.*

## **STUDY NEURAL NETWORK ALGORITHM OF THE DETECTION OBJECT IN THE PROBLEM OF CONSTRUCTING A SYSTEM OF VIDEO ANALYTICS ON CONSTRUCTION SITES**

**N.V. Kotov, A.E. Nazarovsky, V.V. Khryashchev**

Scientific Supervisor – **V.V. Khryashchev**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*The results of the operation of algorithms for detecting objects of the classes "tower crane", "construction mobile equipment", "a man at a construction site" from CCTV cameras are presented. The training and testing of the algorithms was carried out on a set of MS COCO images and an original base of 5357 images collected from CCTV cameras at various construction sites. The results of image processing by algorithms based on different architectures of convolutional neural networks are compared: modifications of SSD, YOLO and Effi-*

*cientDet (architecture variant - EfficientNetB4). The algorithm based on the latter architecture was chosen as the most suitable for the further development of a system for integrated monitoring of work and tracking the contractor's activity at the construction site.*

**Keywords:** *convolutional neural networks, object detection, construction work monitoring, training and test databases.*

В условиях современных темпов застройки городских территорий существуют строительные объекты, сроки выполнения работ на которых могут отклоняться от генерального плана в силу определенных обстоятельств. Для контроля этого осуществляется мониторинг хода работ, посредством постоянного наблюдения человеком с помощью сети камер видеонаблюдения, установленных на территории строительного объекта. Учитывая большое количество постоянно перемещающихся объектов, производить контроль и отслеживать активность проведения работ становится проблематично. Введение системы компьютерного зрения и методов искусственного интеллекта помогает решить данную проблему. Обнаружение объектов разных классов с помощью видеокамер, таких как башенный кран, мобильная строительная техника и человек является необходимым элементом системы мониторинга обстановки на строительной площадке и трекинга активности.

В последнее время достигнут значительный прогресс в области детектирования объектов с использованием сверточных нейронных сетей. Современные детекторы в разных конфигурациях, такие как SSD [1], YOLO [2], показывают высокую точность и быстродействие для использования в современных встраиваемых системах. Особенно высокий интерес представляет детектор EfficientDet [3] с базовой частью EfficientNet (B0-B7) – новый вид детекторов, представленный в 2020 году, который является оптимизированным с точки зрения масштаба сети, т.е. ширины, глубины, и параметра входного разрешения.

Данная работа направлена на создание системы трекинга активности и автоматического мониторинга хода строительных работ, в основе которой находятся сверточные нейросетевые детекторы объектов. Для обучения и тестирования алгоритмов использовались видеозаписи с камер наблюдения, расположенных на строительных объектах. Были собраны записи с 10 камер видеонаблюдения, которые имели следующие характеристики:

- Разрешение 1920x1080 пикселей;
- Частота следования кадров 25 кадров/секунду;
- Время сбора видео для обучающей базы в дневной промежуток дня составило от 10 минут до нескольких часов;

Обучающая и тестовая выборки состояли из набора изображений MSCOCO и оригинальной базы изображений, собранной с камер видеонаблюдения. Размер выборок: обучающая – 19965 изображений, тестовая – 998 изображений. Объектам на каждом изображении ставился в соответствие один из

трех классов: башенный кран, мобильная строительная техника, человек. Примеры изображений детектированных классов представлены на рисунках 1-3.



**Рис. 1. Примеры изображений детектированных объектов разных классов: башенный кран**



**Рис. 2. Примеры изображений детектированных объектов разных классов: строительная мобильная техника**



**Рис. 3. Примеры изображений детектированных объектов разных классов: человек**

Построение алгоритма детектирования предусматривает выбор архитектуры сети, алгоритма оптимизации сети, типа аугментации данных, настройку параметров аугментации данных. В данном исследовании используется оптимизатор Adam [4] с параметрами  $\beta_1 = 0,9$ ,  $\beta_2 = 0,999$  (коэффициенты забывания градиента для первых и вторых моментов соответственно),  $\epsilon = 10^{-8}$  (малое слагаемое, предотвращающее деление на ноль), а также скорость обучения  $\alpha = 10^{-3}$ .

Важным моментом в детектировании объектов является выбор архитектуры сверточной нейронной сети и ее параметров, которая позволит достичь наиболее лучшего результата в детектировании объектов разных классов. В данной работе рассмотрены алгоритмы на основе сверточных нейронных сетей SSD300 (величина входного слоя SSD – 300x300 пикселей) с модификацией VGG16 [1], YOLOv2 [2], EfficientDet с основой EfficientNetB4 [3]. Для алгоритма на основе последней архитектуры рассчитаны параметры модели:

- Коэффициент ширины 1,4;
- Коэффициент глубины 1,8;
- Расширение по умолчанию 380;
- Величина дропаута последнего слоя 0,4.

При обучении использовалась аугментация данных. Параметры аугментации, выбранные для обучения на собранной базе, представлены ниже:

- Диапазон контрастности (0,9; 1,1);
- Диапазон яркости (-1; 1);
- Диапазон оттенков (-0,05; 0,05);
- Диапазон насыщения (0,95; 1,05).

В качестве метрик оценки качества работы алгоритма приняты [5]: средняя точность по классу (AP), средняя точность по всем классам (mAP), полнота (R), точность (P), F1-мера:

$$AP = \frac{\sum_{i=1}^N P_i}{N}, \quad (1)$$

$$mAP = \frac{\sum_{i=1}^K AP_i}{K}, \quad (2)$$

$$R = \frac{TP}{TP+FN}, \quad (3)$$

$$P = \frac{TP}{TP+FP}, \quad (4)$$

$$F1 = \frac{2RP}{R+P}, \quad (5)$$

где  $TP$  – истинно-положительное решение,  $FN$  – ложно-отрицательное решение,  $FP$  – ложно-положительное решение,  $P_i$  –  $i$ -я точность измерения,  $N$  – количество значений порога,  $K$  – количество классов.

Для трекинга активности было проведено сравнение результатов детектирования алгоритмом с размеченными человеком данными через определенные промежутки времени в течение времени тестирования: для мобильной техники и человека – через 15 секунд, для башенного крана – 30 секунд. По полученным данным произведен расчет метрик  $R$ ,  $P$ ,  $F1$ -мера по всем классам. Обучение алгоритмов проводилось на видеокарте NVIDIA GTX 1080. Результаты тестирования алгоритмам представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Результаты тестирования нейросетевых алгоритмов**

Алгоритм	$mAP$
YOLOv2	0,776
SSD300+VGG16	0,786
EfficientNetB4+EfficientDet	0,813

Исходя из полученных результатов, наилучшее значение метрик качества при детектировании различных объектов получается при использовании алгоритма на основе сверточной нейронной сети EfficientDet на базе EfficientNetB4. При сравнении по метрике  $mAP$  результат для EfficientDet показал разницу с SSD300 на 0,037.

В соответствии с выражениями (3)-(5) были получены значения метрик для всех классов конфигурации сети EfficientDet. Значения метрик представлены в таблице 2.

**Таблица 2. Значение метрики AP для объектов разных классов**

Метрика	Башенный кран	Мобильная техника	Человек
F1-мера	0,915	0,99	1,0
P	0,859	0,984	1,0
R	0,979	1,0	1,0

Исходя из полученных значений рассчитаны результирующая точность, полнота и  $F1$ -мера как арифметическое среднее приведенных в таблице значений по всем классам:  $P=0,947$ ,  $R=0,993$ ,  $F1=0,968$ .

В таблице 3 приведены значения метрик точности (AP) для разных классов с используемыми в исследовании архитектурами нейронных сетей типа SSD, YOLO и EfficientDet на базе EfficientNetB0.

**Таблица 3. Сравнительные результаты работы нейросетевых детекторов по критерию точности по классам**

Алгоритм	AP (башенный кран)	AP (строительная техника)	AP (человек)
YOLOv2	0,81	0,78	0,74
SSD300+VGG16	0,84	0,77	0,75
EfficientNetB4+EfficientDet	0,89	0,81	0,74

Исходя из полученных результатов, лучшие значения метрик при тестировании получены на алгоритме EfficientDet. По метрике AP результаты для класса «человек» получились сравнимыми при тестировании сетей разных архитектур.

Еще один важный параметр работы алгоритмов детектирования – это время обработки одного кадра. При исследовании измерение среднего времени обработки 1 кадра производилось с помощью встроенного функционала языка Python. Результаты измерения времени обработки одного кадра представлены в таблице 4.

**Таблица 4. Результаты тестирования алгоритма по критерию времени обработки одного кадра**

Алгоритм	Среднее время обработки 1 кадра, сек
SSD300+VGG16	0,039
YOLOv2	0,045
EfficientNetB4+EfficientDet	0,1

Как показали результаты тестирования, наилучшим временем обработки одного кадра видеопотока стал алгоритм на основе сверточной сети SSD с базовой частью VGG16 – 0,039 секунды. Результаты исследования показали, что использование архитектуры детектора объектов EfficientDet с базовой частью EfficientNetB4 позволяет получить наилучшие результаты для детектирования объектов разных классов на строительном объекте для задачи комплексного мониторинга и трекинга: для башенного крана ( $AP=0,89$ ), для строительной мобильной техники ( $AP=0,81$ ), для людей ( $AP=0,74$ ). Время обработки одного кадра оказалось самым высоким и составило 0,1 секунды, но этот ре-



зультат является допустимым для современных требований по детектированию объектов в режиме реального времени. Алгоритм на данной архитектуре выбран как наиболее подходящий для дальнейшей разработки системы комплексного мониторинга работ и трекинга активности подрядчика на строительной площадке.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Liu W.* SSD: Single shot multibox detector / W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan, C. Szegedy // In European conference on computer vision. Cham, Springer, 2016. P. 21-37.
2. *Redmon J.* You only look once: Unified, real-time object detection / J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, A. Farhadi // In Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition. 2016. P. 779-788.
3. *Tan M.* EfficientDet: Scalable and efficient object detection / M. Tan, R. Pang, Q.V. Le // In Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2020. P. 10781-10790.
4. *Николенко С.И.* Глубокое обучение / С.И. Николенко, А.А. Кадурын, Е.О. Архангельская. Спб.: Питер, 2018. 480 с.
5. *Гудфеллоу Я.* Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль. ДМК-Пресс, 2017. 652 с.

## РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ

**Е.А. Паутов**

Научный руководитель – **В.В. Хрящев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

*Реализовывается алгоритм распознавания лиц, ориентированный для использования на пропускных системах. Алгоритм состоит из двух обученных моделей сверточной сети: SSD и ResNet-50. Приводится точность и скорость полученного алгоритма, при использовании на существующей пропускной системе.*

**Ключевые слова:** распознавание лиц, модель сверточной нейронной сети SSD, модель сверточной нейронной сети ResNet-50.

## IMPLEMENTATION OF THE FACE RECOGNITION ALGORITHM FOR THE ACCESS CONTROL SYSTEM

**E.A. Pautov**

Scientific Supervisor – **V.V. Khryashchev**, Candidate of Technical Science,  
Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*A face recognition algorithm is implemented that is oriented for use on pass-through systems. The algorithm consists of two trained convolutional network models: SSD and ResNet-50. The accuracy and speed of the resulting algorithm, when used on an existing bandwidth system, is shown.*

**Keywords:** face recognition, SSD convolutional neural network model, ResNet-50 convolutional neural network model.

Задача детектирования и распознавания лица всегда была приоритетным направлением, связанным с компьютерным зрением и человеко-машинным взаимодействием.

В реальных системах, где ставятся задачи по распознаванию лица, приходится иметь дело с помехами и разного рода искажениями. Существуют и естественные проблемы такие как: освещение, масштаб выбранного объекта, деформация, движение, угол поворота головы. Так же, лицо имеет большое

количество вариаций размера, цвета кожи, строение и формы. Из-за этих проблем продолжается поиск новых способов распознавания объектов, которые позволят обойти эти сложности и выдать точный результат.

Из наиболее популярных способов реализации алгоритма распознавания можно отметить алгоритмы, созданные на сверточных нейронных сетях.

Распознавание лица человека реализуется с помощью двух алгоритмов, алгоритма детектирования и алгоритма распознавания [1, 2].

В качестве модели для детектора лиц была выбрана модель сверточной нейронной сети – SSD. Первое преимущество этой модели, обнаружение объектов различного масштаба и расширения. Второе преимущество — это получение результата вероятности предсказания на каждом слое признаков, что дает более точную оценку вероятности правильного результата [3]. Базой данных для обучения служила база изображений WiderFace [4].

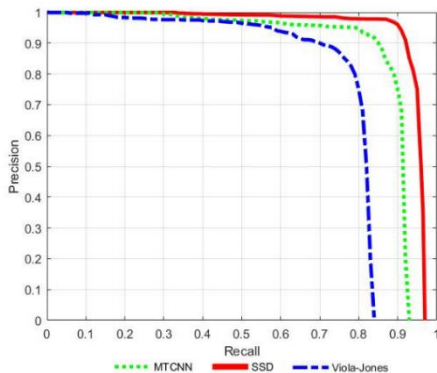
В качестве модели для распознавателя лиц была выбрана модель сверточной нейронной сети – ResNet-50. Чтобы преодолеть проблемы сквозных многослойных архитектур, в данной модели сети была введена глубокая «остаточная» структура обучения, это дает возможность увеличивать точность увеличивая глубину сети, что является наиболее оптимальным и простым способом увеличения точности сети [5]. Базой данных для обучения служила база изображений под названием VGGFace2 [6].

Обучение моделей проводилось на суперкомпьютере NVIDIA DGX-1, который оснащен ускорителями вычислений NVIDIA Tesla V100 на базе новейшей архитектуры Volta. Процесс обучения сверточной сети SSD занимал приблизительно 17 часов, а обучение модели ResNet-50 заняло около 15 часов, что является стандартной скоростью обучения подобных сетей, даже на суперкомпьютерах.

Модель SSD обучалась на 77 эпохах, с функцией оптимизации Adam, и скорость сходимости 0,01, в свою очередь модель ResNet-50 обучалась на 81 эпохе, и так же с функцией оптимизации Adam, и скорость сходимости 0,01.

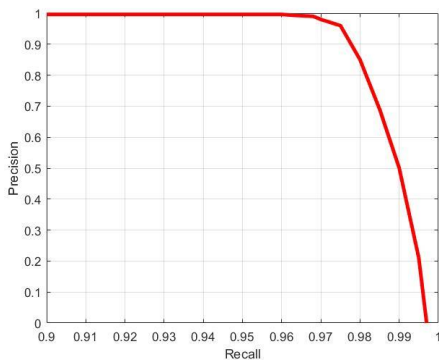
На рисунке 1 изображены графики зависимости Precision от Recall, сделанные на базе Faces in the Wild. Из графика видно, что MTCNN имеет кривую, проходящую над кривой, Вольты-Джонса. Чтобы перейти к числовым показателям оценки необходимо найти площади, под изображенными кривыми.

Площади под кривой (AUC) равны: для метода Виолы-Джонса  $AUC = 0.7819$ , для метода, основанного на каскадах сверточных нейронных сетей  $AUC = 0.8847$ , для метода, основанного на модели SSD  $AUC = 0.9381$ . Таким образом площадь под кривой SSD на 16,6 % больше, чем у метода Виолы-Джонса и на 5,6 % больше, чем у метода, основанного на каскаде сверточных нейронных сетей. То есть алгоритм на модели SSD имеет большую точность детектирования по сравнению с другими методами. Из этого следует, что наиболее эффективной моделью является SSD. Базой данных для построения кривых служили фотографии с камеры над турникетом в главном корпусе ЯРГУ им. П.Г. Демидова.



**Рис. 1. Зависимость Precision от Recall**

Для алгоритма распознавания график зависимости Precision от Recall изображен на рисунке 2. Была найдена площадь под кривой (AUC), и она равна 0,99, это говорит о том, что точность алгоритма распознавания на модели ResNet-50 равна 99 %. Данный алгоритм не ставился в сравнение другим методами распознавания, так как имеет высокую точность.



**Рис. 2. Зависимость Precision от Recall**

Для пилотного запуска алгоритма была использована система электронного контроля доступа, расположенная в одном из корпусов ЯрГУ им. П. Г. Демидова. Данная система представляет из себя турникет-трипод тумбовый PERCo-TTD-03.1G, оборудованный считывателями для карт и пультом управления дистанционного открывания. Характеристики АРМ: Intel Core i5-8250U с объемом ОЗУ-8 Гб. GPU – NVIDIA GeForce MX150. Для захвата видеопотока была использована IP-i, имеющая 2-х мегапиксельные светочувствительные сенсоры, и способна передавать поток с максимальным разрешением 1920×1080, и скоростью трансляции 25 к/с. Камера находилась на расстоянии 6-7 метров от турникета.

Для базы дескрипторов лиц были сделаны фотографии пяти человек, и далее были загружены на АРМ, для дальнейшего нахождения признаков.

В ходе тестирования система показала только правильные результаты, то есть можно сказать, что точность для данного запуска составила 100 %. Все занесенные в базу люди получили доступ, в отличии от одного человека, лицо которого не было зарегистрировано для допуска.

Среднее время для работы полного цикла составило 1,36 секунды. Наиболее долгое время работы полного цикла системы получилось для человека, на котором были надеты очки

Резюмируя, можно подчеркнуть, что созданный алгоритм имеет достаточную точность для системы управления контролем доступа. Так же среднее время выполнения полного цикла работы позволяет использовать алгоритм при большом трафике.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Флах П.* Машинное обучение. Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных: Учебник для вузов. Москва: ДМК Пресс, 2015. 400 с.
2. *Визильтер Ю.В.* Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения : Курс лекций и практических занятий. М.: Физматкнига, 2010. 672 с.
3. *Liu W., Anguelov D.* SSD: Single Shot MultiBox Detection // European Conference on Computer Vision (ECCV). Amsterdam, Netherlands, 2016. Pp 21-37.
4. *Shuo Y.* WIDER FACE: A Face Detection Benchmark // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016, Pp. 5525-5533.
5. *Kaiming H.* Deep Residual Learning for Image Recognition // IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2016, Pp. 770-778.
6. *Qiong C.* VGGFace2: A dataset for recognising faces across pose and age // IEEE International Conference on Automatic Face & Gesture Recognition, 2018.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ МОБИЛЬНОГО ОПЕРАТОРА ПО РАЗЛИЧНЫМ ТУРИСТИЧЕСКИМ ЛОКАЦИЯМ

**Д.Н. Панева**

Научный руководитель – **В.В. Хрящев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*Реализовывается алгоритм статистического анализа туристического потока в субъекте федерации, на основе обработки больших данных мобильных операторов связи. Предметом исследования является разработка алгоритмов фильтрации и классификации больших данных для генерации статистических отчетов.*

**Ключевые слова:** большие данные, машинное обучение, туристический поток, триангуляция данных, визуализация, геолокация.

## DEVELOP A MOBILE OPERATOR'S BIG DATA PROCESSING ALGORITHM FOR VARIOUS TOURIST LOCATIONS

**D.N. Paneva**

Scientific Supervisor – **V.V. Khryashchev**, Candidate of Technical Science,  
Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*The algorithm of statistical analysis of tourist flow in the subject of the federation is implemented, based on the processing of big data of mobile telecom operators. The subject of the study is the development of algorithms filtering and classifying big data to generate statistical reports.*

**Keywords:** big data, machine learning, tourist flow, data triangulation, visualization, geolocation.

Развитие туризма является одной из точек роста и одним из трех приоритетных секторов экономики региона, зафиксированных в Стратегии социально-экономического развития Ярославской области на период до 2025 года.

В региональной Стратегии развития туризма заявлена амбициозная цель за 8 лет войти в пятерку крупнейших туристических центров России и принять

8 миллионов туристов в год. Достижение этой цели невозможно без налаженной системы прозрачного учета въездного туристического потока.

Вместе с тем, существующая на сегодняшний день система учета и сбора статистической информации в туристической сфере не обладает необходимой достоверностью, гибкостью и оперативностью. В соответствии с Международными рекомендациями по статистике туризма, туристом считается посетитель, проводящий в месте посещения хотя бы одну ночь. Туристами также считаются и транзитные пассажиры, въезжающие в город/регион или остающиеся здесь на ночь. Исходя из этих рекомендаций, Росстат считает туристов по субъектам РФ только на основании данных коллективных средств размещения.

Таким образом, при использовании существующей методики учета наблюдаются следующие недостатки: в поле зрения попадают лишь туристы, вступившие во взаимодействие с официальными элементами региональной туристской инфраструктуры; не поддаются учету туристы, приехавшие в область на короткий срок, транзитные туристы; не представляется возможным проследить маршруты и траектории движения туристов по отдельным локациям в рамках региона.

В связи с этим большое значение приобретает задача по повышению качества и оперативности сбора и анализа въездного туристического потока, по совершенствованию существующих механизмов формирования статистических показателей в сфере туризма.

Отслеживание туристического потока с помощью данных мобильной связи – это практика, которая активно развивается за рубежом и является одним из наиболее точных инструментов оценки турпотока [1].

Использование технологий big data (больших данных) в бизнес-процессах стало сегодня неотъемлемой частью цифровизации не только отдельных корпораций или отраслей, но и экономики в целом.

Большой объем информации делает анализ туристических потоков трудоемким процессом. При этом у операторов сотовой связи накоплен массив геоданных, что позволяет автоматизировать процесс принятия управленческих решений в указанной сфере на основе алгоритмов машинного обучения.

Разрабатываемый алгоритм сопоставления данных включает в себя 6 этапов:

1. Триангуляция данных
2. Пре-процессинг
3. Формулировка SQL запросов
4. Анализ данных
5. Визуализация данных
6. Сравнение с данными, полученными другим способом

Триангуляция - это процесс, при котором местоположение радиопередатчика может быть определено путем измерения либо радиального расстояния, либо направления принятого сигнала из двух или трех разных точек. Ба-

зовые станции при определении местоположения абонента регистрируются и синхронизируются по GPS. Точность положения координат абонента зависит от качества ручного ввода. Расстояние до сотового телефона определяется либо путем измерения относительных временных задержек сигнала от телефонного аппарата к трем различным базовым станциям, либо направленными антеннами на двух базовых станциях[2].

Пре-процессинг представляет собой маркировку данных без конкретного запроса от операторов связи. Данные распределяются по массивам и определяется, у кого к ним есть доступ. Каждому массиву назначается конкретный класс данных, срок хранения и ответственная функция. Также определяется уровень подчинённости данных. Эти данные могут быть как отдельно в хранилище, без управляющей системы, так и под управлением внешней системы хранения[3].

Язык SQL позволяет извлекать данные из таблиц данных и манипулировать ими. SQL является сокращением слов языка структурированных запросов и используется для запросов к базам данных. Можно определить реляционную базу данных как логическую структуру, в которой хранятся таблицы данных, которые могут быть связаны друг с другом[4].

Анализ данных - это процесс систематического применения статистических или логических методов для описания и иллюстрации, сведения и обобщения, а также оценки данных. На данном этапе накапливаются запросы, стандартные шаблоны, которые периодически обновляются. Хотя анализ данных в качественных исследованиях может включать статистические процедуры, во многих случаях анализ становится непрерывным итеративным процессом, при котором данные собираются и анализируются почти одновременно.

Визуализация данных - это изучение визуального представления данных, процесс преобразования информации в визуальную форму, позволяющую зрителю наблюдать, просматривать, осмысливать и понимать информацию.

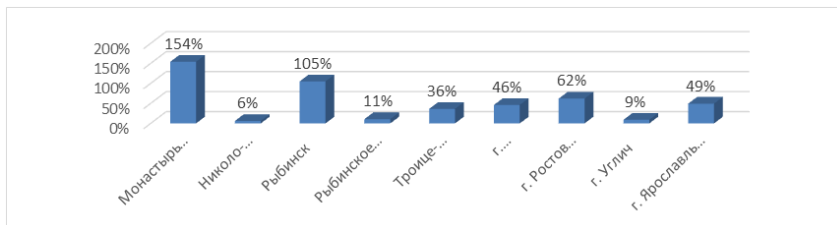
Для тестирования алгоритма были выбраны несколько туристически привлекательных локаций.

На первом этапе был получен большой массив данных операторов сотовой связи в формате CSV. Данные были получены из таблицы данных о туристах, посетивших Ярославскую область на майские праздники в 2019 году. В таблице указано место прибытия туриста, пол, количество дней, период нахождения в определённой локации и локация, которую он посещал.

Далее данные таблицы были систематизированы и отфильтрованы. На основании данных операторов сотовой связи был построен график посещаемости Ярославской области на период майских праздников в 2018 и 2019 году.

Для вычисления динамики посещаемости был построен график роста количества туристов по локациям на майские праздники 2019 года по отношению к 2018 году. График представлен на рисунке 1.





**Рис. 1. График роста количества туристов в отдельных локациях**

Для проверки работы алгоритма были взяты данные департамента туризма Ярославской области. По этим данным в майские праздники регион принял порядка 100 тысяч туристов. По данным разработанного алгоритма Ярославскую область посетило почти в два раза больше туристов. Это подтверждает, что существующая на данный момент, система подсчёта туристов не является максимально точной. Анализ на основании «больших данных» обладает большей точностью и позволяет более эффективно оценить ситуацию с туристами в заданной локации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Weigend Andreas* (2016) *Data for the People*, New York: Basic Books.
2. *Скворцов А.В.* Эффективные алгоритмы построения триангуляции Делоне / А.В. Скворцов, Ю.Л. Костюк // *Геоинформатика. Теория и практика*. Вып. 1. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 22-47.
3. *FUJITSU Sci. Tech. J.*, V.48, 2012. N 1, pp. 17-20.
4. *Фехилай Крис.* *SQL. Руководство по изучению языка*. Санкт-Петербург: Изд-во ДМК Пресс, Питер, 2004. 464 с.

## ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР НА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

**Н.Д. Сидоров**

Научный руководитель – **В.В. Хрящев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*Рассматриваются ключевые этапы разработки алгоритмов распознавания сельскохозяйственных культур. Значительное внимание уделяется выбору архитектуры нейронной сети для конкретной задачи. Распознавание видов культур базируется на индексе NDVI.*

**Ключевые слова:** распознавание видов культур, спутниковый снимок, архитектура сверточной нейронной сети, индекс NDVI.

## BASIC APPROACHES TO CREATING ALGORITHMS FOR RECOGNIZING AGRICULTURAL CROPS IN SATELLITE IMAGES

**N.D. Sidorov**

Scientific Supervisor – **V.V. Khryashchev**, Candidate of Technical Science, Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*The key stages of the development of algorithms for recognizing agricultural crops are considered. Considerable attention is paid to the choice of the neural network architecture for a specific task. The recognition of crop types is based on the NDVI index.*

**Keywords:** crop species recognition, satellite image, convolutional neural network architecture, NDVI index.

Традиционные способы мониторинга и контроля процесса роста и созревания сельскохозяйственных культур характеризуются значительными затратами человеческих ресурсов. Они требуют периодического выезда агрономов непосредственно на поле для осмотра и оценки состояния посевов. Кроме того, проведение обследования бывает затруднено, так как в середине

вегетационного периода пройти вглубь поля не всегда представляется возможным.

Решить подобные проблемы уже сегодня можно с помощью алгоритма распознавания сельскохозяйственных культур, разработанного на основе данных дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), полученных со спутников и сверточных нейронных сетей, которые помогают распознавать вид сельскохозяйственной культуры.

Первым этапом создания такого алгоритма является сбор базы данных спутниковых изображений. На сегодняшний день существует множество открытых баз различных спутников. Для данной задачи наиболее подходящим является спутник Sentinel-2. Они обладают мультиспектральной камерой с пространственным разрешением 10-60 м.

Из открытой базы данных берутся спутниковые изображения полей различных сельскохозяйственных культур. В данном случае оптимально выбрать снимки полей южной части России (Краснодар, Воронеж, Белгород, Ставрополь), так как в этих краях находятся самые плодородные почвы-черноземы, которые обогащают поля огромным количеством видов культур. На рисунке 1 показан пример спутникового снимка с множеством полей.



**Рис. 1. Спутниковый снимок полей возле г. Краснодар**

Вторым этапом происходит создание нейронной сети. Нейронные сети не программируются, а обучаются. Возможность обучения — одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными данными и выходными, а также выполнять обобщение. Это значит, что в случае успешного обучения сеть сможет вернуть верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке. Все модели искусственных нейронных сетей требуют обучения или расчёта весов связей. В общем случае, обучение — такой выбор параметров сети, при котором сеть лучше всего справляется с поставленной проблемой. Обучение

— это задача многомерной оптимизации, и для ее решения существует множество алгоритмов [1]. Для того чтобы обучить сеть, необходимо произвести экспертную разметку, т.е. примерно 80 процентов изображений со спутника разметить вручную.

Для анализа сельскохозяйственных полей необходимо вычислять спектральные индексы. Существует большое количество вегетационных индексов, они в значительной степени схожи между собой. NDVI — самый популярный и распространённый. NDVI (Normalized difference vegetation index, Нормализованный вегетационный индекс) — это числовой показатель качества и количества растительности на участке поля. Он рассчитывается по спутниковым снимкам и зависит от того, как растения отражают и поглощают световые волны разной длины. Данный индекс очень чувствителен к разного рода помехам на изображении, поэтому далее задача распознавания разбивается на две части.

Первая — обучение нейронной сети сегментировать сельскохозяйственные поля. Для этого используется архитектура U-NET с кодировщиком ResNet-34. U-Net считается одной из стандартных архитектур сверточных нейронных сетей для задач сегментации изображений, когда нужно не только определить класс изображения целиком, но и сегментировать его области по классу, т.е. создать маску, которая будет разделять изображение на несколько классов [2]. ResNet — это архитектура сверточной нейронной сети, состоящая из серии остаточных блоков (ResBlocks) с пропущенными соединениями. На этой стадии может возникнуть проблема близкого расположения полей друг к другу. На снимке они могут сливаться в один объект. Чтобы решить данную задачу, необходимо обучить сеть находить не только поля, но и узкие границы между ними. Узкой границей считается полоса, где расстояние между полями менее 3 пикселей. Затем из маски найденных полей вычитаются обнаруженные узкие границы.

Вторая часть заключается в обнаружении и сегментации облаков, теней от них, а также любого рода дымки. В данном случае также используется архитектура сети U-NET. Однако теперь в качестве кодировщика достаточно использовать сеть MobileNet, которая является более простой по структуре. После обнаружения всех облаков, из маски обнаруженных полей вычитаются области с облаками и тенями (далее они не учитываются).

Наконец, для самого процесса распознавания культуры используются графики индекса NDVI за определенный промежуток времени. То есть, обнаруживается одно и то же поле в разные вегетационные периоды, считается NDVI для каждого времени. Далее происходит построение графика изменения NDVI во времени.

В наши дни, как правило, люди вручную сравнивают экспериментальный график с эталонным (для каждой культуры свой) и определяют ее вид. Благодаря использованию нейронной сети LSTM и описанным выше этапам,

процесс классификации культуры может стать автоматизированным, а значит менее затратным по времени.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ростовцев В.С.* Искусственные нейронные сети: учебник. Киров: Изд-во ВятГУ, 2014. 208 с.
2. *Ronneberger O.* U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // Computer Science Department and BIOSS Centre for Biological Signalling Studies, University of Freiburg, Germany, 2015.

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА СЕГМЕНТАЦИИ НЕЗАКОННЫХ СВАЛОК ТБО НА СПУТНИКОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ

**Р.В. Ларионов**

Научный руководитель – **В.В. Хрящев**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*В работе представлены результаты обучения сверточной нейронной сети U-ResNet34 в задаче сегментации незаконных свалок ТБО на изображениях с БПЛА. На тестовом наборе изображений достигнуты значения 0,31 коэффициента Серенсена и 0,18 метрики F1.*

***Ключевые слова:** сверточные нейронные сети, сегментация изображений, спутниковые изображения, свалки ТБО*

## ILLEGAL DOMESTIC WASTE SEGMENTATION IN AERIAL IMAGES

**R.V. Larionov**

Scientific Supervisor – **V.V. Khryashchev**, Candidate of Technical Science,  
Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*Algorithm of dumps segmentation in UAVs images is presented. Algorithm is based on convolutional neural network U-ResNet34. The values of the Dice and F1 were equal to 0.31 and 0.18 on the test images*

***Keywords:** convolutional neural networks, image segmentation, aerial images, illegal domestic waste*

Образование незаконных свалок твердых бытовых отходов (ТБО) является серьезной экологической проблемой для любого государства, независимо от степени его развитости, поскольку залежи отходов с течением времени представляют опасность как для здоровья людей, так и для экосистемы в целом. Например, залежи мусора являются основными факторами деградации земель, загрязнения воздуха и водных ресурсов, приводя к аномальной кон-

центрации тяжелых металлов, углеводов, азота и летучих органических соединений, таких как растворители и бензин. Эффект от загрязнений серьезно влияет на качество природных ресурсов в районе, что приводит к негативным экономическим последствиям: снижение стоимости недвижимости, снижение доходности сельскохозяйственных предприятий, повышение медицинских затрат на лечение проживающего населения и др. [1]

Мониторинг образования новых незаконных свалок ТБО зачастую осложняется относительной географической изоляцией мест захоронения, что снижает эффективность и рентабельность регулярных патрулей наблюдения. Использование камер наружного наблюдения не представляется возможным в данном случае ввиду необходимости покрытия наблюдением огромных территорий. В связи с этим, перспективным направлением является разработка систем обнаружения незаконных свалок с использованием данных со спутников и БПЛА [1]. Подобные системы позволят своевременно обнаруживать места захоронения отходов и оценивать их размер, а также наносить их местоположение на географические карты. Полученная информация должна передаваться специальным органам, обеспечивающим ликвидацию отходов.

Для обнаружения и оценки размеров свалки ТБО необходимо не только обнаружить непосредственно свалку, но и определить ее контуры. В обработке изображений данная задача называется сегментацией. Сегментация - отделение объекта от фона. Для осуществления сегментации необходимо определить признаки, характерные только для интересующего объекта. С этой задачей успешно справляются алгоритмы глубокого обучения на основе сверточных нейронных сетей, в результате обучения которых дескрипторы извлечения признаков формируются автоматически [2].

В работе представлена разработка алгоритма сегментации незаконных свалок ТБО на изображениях с БПЛА с использованием сверточной нейронной сети U-ResNet34.

Для обучения нейронной сети необходимо сформировать базу изображений. Для проведения экспериментов на территории Ярославской области, общей площадью покрытия около 45 км<sup>2</sup>, произведен визуальный наземный поиск мест складирования отходов с линейными размерами более 4 м. Обнаружено 87 свалок ТБО с различным составом мусора: строительные материалы, бытовые отходы, покрышки, разрушенные бетонные конструкции и плиты. Каждый объект был сфотографирован с использованием БПЛА DJI Mavic Air с высоты от 30 до 230 м с шагом в 10 м. Размер полученных RGB-изображений составляет 4056×3040 пикселей. Для каждого объекта были случайным образом отобраны по два изображения с различной высотой съемки. Таким образом, сформирована база изображений из 174 изображений. Каждому изображению соответствует экспертная бинарная маска. Пример изображения представлен на рисунке 1.



**Рис. 1. Примеры изображений свалок из сформированной базы изображений**

В качестве алгоритма сегментации использована сверточная нейронная сеть U-Net [3]. Она состоит из кодировщика и декодировщика, соответствующие блоки которых связан между собой. Кодировщик, состоящий из четырех блоков, предназначен для извлечения признаков объектов. На каждом следующем блоке происходит понижение разрешения изображения в два раза, что позволяет извлекать более глубокие и абстрактные признаки. В качестве кодировщика использована сверточная нейронная сеть ResNet-34, предварительно обученная на базе изображений Imagenet. Декодировщик предназначен для формирования маски сегментации на основании данных, полученных от кодировщика. Он содержит аналогичное количество блоков, что и кодировщик, но имеет более простую структуру.

Разработанная нейронная сеть принимает на вход изображения размером  $512 \times 512$  пикселей. В связи с этим, каждое изображение из сформированной базы поделено на патчи размером  $512 \times 512$  пикселей с шагом 256, то есть соседние патчи пересекаются наполовину. В итоге, получилось 1125 изображений в обучающей выборке и 300 в тестовой. Для повышения разнообразия изображений проведена аугментация из трех этапов:

- Повороты изображения на кратные  $\pi/2$  углы и зеркальные отражения изображений.

- Хроматические искажения. Изображения переводились из цветовой модели RGB (красный, зеленый, синий) в HSV (тон, насыщенность, значение). Затем в этом базисе к HSV добавлялись случайные значения.

- Случайные сдвиги, растяжения до 20 % от исходного размера изображения и повороты фрагментов на небольшой угол в пределах от  $-15$  до  $+15$  градусов.

Все алгоритмы реализованы на языке Python с использованием фреймворка TensorFlow. Обучение проведено на протяжении 100 эпох. В качестве функции потерь использована бинарная кросс-энтропия плюс коэффициент Серенсена, в качестве алгоритма оптимизации использован Adam. Для оценки качества разработанных алгоритмов использован коэффициент Серенсена (dice) и метрика F1. Полученные результаты на тестовом наборе изображений представлены в таблице 1.



**Таблица 1. Результаты тестирования нейронной сети U-ResNet34**

Метрика	Тестовая выборка
F1	0,18
Dice	0,31

Согласно результатам таблицы 1, разработанный алгоритм может использоваться для сегментации незаконных свалок ТБО на изображениях с БПЛА, но требует дальнейших исследований для повышения качества работы.

Таким образом, в работе представлены результаты обучения сверточной нейронной сети U-ResNet34 для сегментации незаконных свалок ТБО на изображениях с БПЛА. Значения коэффициента Серенсена и метрики F1 на тестовом наборе изображений достигли значений 0,31 и 0,18 соответственно.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Glanville K.* Mapping Illegal Domestic Waste Disposal Potential to Support Waste Management Efforts in Queensland, Australia / K. Glanville, H.Chang // *International Journal of Geographical Information Science*. 2015. V. 29. Pp. 1042-1058.
2. *Николенко С.* Глубокое обучение / С. Николенко, А. Кадурын, Е. Архангельская. СПб.: Питер, 2019. 480 с.
3. *Ronneberger O.* U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation / O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox // *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention – MICCAI 2015. Lecture Notes in Computer Science*. Springer. 2015. V. 9351. Pp. 234–241. doi: 10.1007/978-3-319-24574-4\_28.

## **АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ ЛАБИРИНТА И ПОИСКА В НЕМ КРАТЧАЙШЕГО ПУТИ**

**Д.М. Пинтюгов, П.А. Шустров, А.Л. Приоров**

Научный руководитель – **А.Л. Приоров**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*С развитием робототехники все чаще поднимаются вопросы оптимальности алгоритмов управления роботами. Для усложнения поставленной задачи мобильному роботу разрабатываются и реализуются специальные алгоритмы, которые помогают найти уязвимости в управлении им. Примером такого алгоритма является компьютерная генерация лабиринта, который помогает отработать различные способы нахождения выхода из него.*

**Ключевые слова:** лабиринт, алгоритм генерации лабиринта, компьютерная симуляция, алгоритм прохождения, поиск кратчайшего пути.

## **ALGORITHM OF LABYRINTH GENERATION AND SEARCHING THE SHORTEST WAY IN THE LABYRINTH**

**D.M. Pintyugov, P.A. Shustrov, A.L. Priorov**

Scientific Supervisor – **A.L. Priorov**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*With the development of robotics, questions of the optimality of algorithms for controlling robots are increasingly being raised. To complicate the task at hand for a mobile robot, special algorithms are developed and implemented that help to find vulnerabilities in its control. An example of such an algorithm is the computer generated maze, which helps to work out various ways to find a way out of it.*

**Keywords:** labyrinth, labyrinth generation algorithm, computer simulation, passage algorithm, shortest path search.

*Лабиринт – какая-либо структура, которая располагается в двумерном или трехмерном пространстве и состоит из запутанных путей к выходу.*

*Одной из основных проблем в данной сфере является построение достаточно сложных и запутанных лабиринтов.*

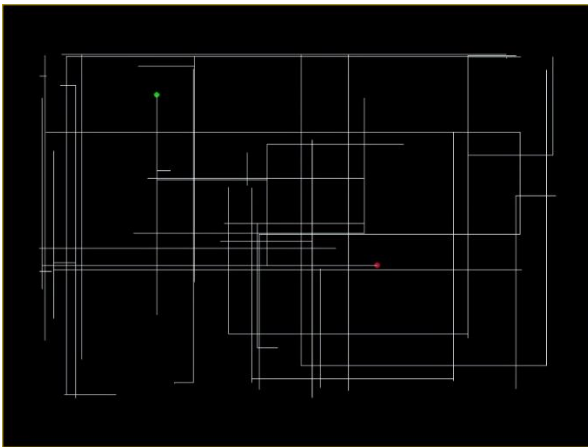
Наиболее интересной характеристикой в генерации лабиринта является маршрутизация. По этой характеристике лабиринты делятся на:

1. Идеальный: без петель и недостижимых областей.
2. Плетеный: без тупиков.
3. Одномаршрутный: без развилок.
4. Разреженный: путь не прокладывается через каждую ячейку.

В сфере робототехники лабиринты проходят специально обученные роботы, цель которых – быстро найти выход и кратчайший путь и вернуться обратно на место старта. Для отработки данных задач требуются многосвязные лабиринты.

Многосвязные лабиринты – лабиринты, содержащие отдельные тупиковые маршруты и отдельно стоящие стенки.

Алгоритм, применяемый в программе по генерации лабиринтов, для тренировки поиска кратчайшего пути, основан на следующем методе. Суть его заключается в том, что от входа к выходу строится случайный проход, и дальше этот путь усложняется различными перекрестками и путями. Пример действия данной программы изображен на рисунке 1.



**Рис. 4.** Сгенерированный компьютером лабиринт

Данный лабиринт оказывается достаточно сложным для прохождения с помощью алгоритма «Левой руки» и требует более сложных реализаций программного кода мобильных роботов.

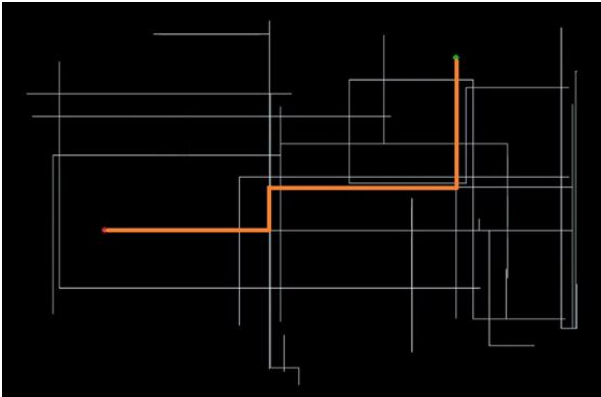
Существует множество способов решения задачи выхода из лабиринтов, и каждый из них имеет собственные характеристики. В данной программе использован алгоритм «Recursivebacktracker». Он не похож на стандартные алгоритмы прохождения, такие как алгоритм «Левой руки» или алгоритм

«Пледжа». Приоритетом для данного алгоритма является проходящий лабиринт объект. Он быстр для всех типов лабиринтов и может использовать: стек размером вплоть до размера лабиринта, камеры, охватывающие весь лабиринт или копию лабиринта в программном виде.

Работа алгоритма заключается в следующем: если в процессе продвижения по лабиринту робот-разведчик оказывается возле стены (или в помеченной линией области, т. е. области, где робот уже проходил), то возвращаем «неудача», иначе, если робот находится в конце, возвращаем «успех», иначе, рекурсивно пробуем двигаться во всех четырёх направлениях. Рисуем линию, когда пытаемся пройти в новом направлении, и удаляем её, если возвращено значение «неудача». После достижения состояния «успех» будет определено единственное решение, которое будет оптимальным, и по которому будет проходить остальной караван роботов. В программировании это называется поиском в глубину.

Этот алгоритм всегда находит решение, если оно существует, и оно обязательно будет самым коротким, т. к. робот будет поворачивать на все повороты и исследовать каждую развилку полностью.

Такой алгоритм можно применять: для группы роботов на складе, где необходим поиск кратчайшего пути до конечной точки, или в системе навигации в автомобиле, где необходимо прокладывать маршрут передвижения по городу. Пример такого маршрута представлен на рисунке 2.



**Рис. 5. Пример кратчайшего маршрута**

Программа, использующая такой алгоритм для прохождения лабиринта, может справиться с односвязным или многосвязным лабиринтом произвольной сложности и с неограниченным количеством поворотов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Евсеев Г.* Лабиринты в компьютерных играх // PC Review: журнал. 1994. 1 февраля (№ 2).
- Мартынюк Ю.М.* Использование математического моделирования при обучении программированию / Ю.М. Мартынюк, В.С. Ванькова, Б.П. Ваньков // Современная педагогика. 2014. № 11 (24). С. 41-44.
- Кудрявцев В.Б.* О поведении автоматов в лабиринтах / В.Б. Кудрявцев, Г. Килибарда, Ш.М. Ушчумлич // Дискретная математика. 1992. Т. 4. Вып. 3. С. 3-28.
- Кудрявцев В.Б.* Системы автоматов в лабиринтах / В.Б. Кудрявцев, Г. Килибарда, Ш.М. Ушчумлич // Интеллектуальные системы. 2006. Т. 10, Вып. 1-4. С. 449-562.

**АНАЛИЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК,  
ПОЗВОЛЯЮЩИХ ОЦЕНИТЬ РАБОТОСПОСОБНОСТЬ  
САМООРГАНИЗУЮЩЕЙСЯ РАДИОСЕТИ МОБИЛЬНЫХ  
РОБОТОВ**

**А.С. Седов, Д.А. Назаров, А.Л. Приоров**

Научный руководитель – **А.Л. Приоров**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*Рассматривается самоорганизующаяся радиосеть мобильных роботов с использованием протокола маршрутизации HMWP. По результатам имитационного моделирования радиосети, приведена оценка качества ее работы.*

**Ключевые слова:** самоорганизующиеся радиосети, маршрутизация, протоколы, моделирование, качество обслуживания.

**ANALYSIS AND RESEARCH OF CHARACTERISTICS,  
ALLOWING TO ASSESS THE PERFORMANCE  
OF A SELF-ORGANIZED RADIO NETWORK  
MOBILE ROBOTS**

**A.S. Sedov, D.A. Nazarov, A.L. Priorov**

Scientific Supervisor – **A.L. Priorov**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*A self-organizing radio network of mobile robots using the HMWP routing protocol is considered. Based on the results of simulation of a radio network, an assessment of the quality of its work is given.*

**Keywords:** self-organizing radio networks, routing, protocols, modeling, quality of service.

Широкое использование беспроводных сетей (Wireless Networks (WN)) позволяет существенно упростить и удешевить процесс развертывания систем за счет отсутствия затрат на их прокладку и обслуживание. Кроме того, некоторые задачи просто невозможно решить иначе, например коллективное

управление и сбор телеметрических данных с группы мобильных роботизированных платформ. Необходимым условием развертывания такой радиосети мобильных роботов является её самоорганизация, чтобы при входе/выходе в зону действия сети, или при отключении/включении отдельного узла, радиосеть автоматически учитывала изменение топологии.

Качество связи между узлами радиосети, а также характеристики каналов могут ухудшаться в зависимости от условий эксплуатации (погодные условия, плотность застройки местности и т.д.). Поэтому, оптимальное использование спектрального ресурса радиоканала и обеспечение заданного уровня качества обслуживания (от англ. QoS – Quality of Service) [1] являются одним из важных требований, предъявляемых к беспроводным радиосетям.

На качество обслуживания могут влиять следующие характеристики:

1. Задержка – временной интервал между временем получения пакета и его отправкой, при этом учитываются все полученные пакеты, в том числе и повреждённые.  $IPTD$  вычисляется по следующей формуле:

$$IPTD = T_2 - T_1, \quad (1)$$

где  $IPTD$  (от англ.  $IPTransferDelay$ ) – время задержки доставки пакета;  $T_1$  – время отправки пакета (первого фрагмента, если пакет фрагментирован);  $T_2$  – время получения пакета (последнего фрагмента, если пакет фрагментирован).

2. Вариативность задержки, джиттер (от англ.  $IPDV$  – *Instantaneous Packet Delay Variation*) – определяется как разница между актуальным значением  $IPTD$  и минимальным значением  $IPTD$  на измеряемом интервале времени, и вычисляется по следующей формуле:

$$IPDV = IPTD - IPTD_{min}, \quad (2)$$

где  $IPDV$  – джиттер;  $IPTD$  – актуальное значение задержки;  $IPTD_{min}$  – минимальное время задержки.

3. Коэффициент доставки пакетов (PDR – Packet Delivery Ratio) – отношение числа принятых пакетов к числу переданных пакетов.

4. Пропускная способность – эффективная скорость передачи/приема данных за определённый промежуток времени.

Моделирование самоорганизующейся радиосети мобильных роботов проведено с помощью дискретно-событийного сетевого симулятора NetworkSimulator-3 (NS-3) [2].

В качестве протокола маршрутизации используется  $HWMP$  (от англ. *HybridWirelessMeshProtocol*), который совмещает в себе свойства проактивного и реактивного протоколов.

Заданы следующие параметры моделирования исследуемой радиосети:

- Кол-во узлов в сети: 9;
- Расстояние между узлами: 100 м;
- Узлы занимают случайное начальное положение в пространстве;
- Узлы движутся в случайном направлении;

- Начальная скорость узлов – 0 м/с;
- Конечная скорость узлов – 10 м/с;
- В качестве протокола транспортного уровня используется *TCP* (*TransmissionControlProtocol*).

В таблице 1 приведены характеристики, позволяющие оценить исследуемую радиосеть. Стоит отметить, что все значения характеристик являются усредненными значениями потоков (каналов связи между каждым узлом).

**Таблица 1. Зависимость значений характеристик от скорости узлов в радиосети**

Скорость, м/с	0	2	4	6	8	10
PDR,%	96,708	96,931	97,078	96,471	95,616	94,218
Delay ( $\overline{IPTD}$ ),мс	14,1572	11,8291	11,7581	21,8964	27,4963	37,5095
Jitter ( $\overline{IPDV}$ ),мс	6,5112	4,7553	5,3691	8,4817	12,9225	17,4928

В результате моделирования самоорганизующейся радиосети мобильных роботов с заданными параметрами установлено следующее:

- Наибольшая задержка передачи пакетов (37,5095 мс) и наибольший джиттер (17,4928 мс) достигаются при скорости узлов 10 м/с вследствие их случайного движения и увеличения расстояния друг от друга;
- Работоспособность радиосети обеспечивается при скорости узлов 2 м/с либо 4 м/с.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Олифер В.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Юбилейное издание / В. Олифер, Н. Олифер. - СПб.: Питер, 2020. – 1008 с.
2. Симулятор NetworkSimulator 3. URL: <https://www.nsnam.org>.



## **РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ КАНАЛА ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫМИ МЕХАНИЗМАМИ**

**Д.А. Михайлов, А.А. Мохов, В.А. Коковкина**

Научный руководитель – **А.Л. Приоров**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*Описаны разработка программно-аппаратного комплекса пространственного манипулирования, приводимого в движение электродвигателями, а также процесс проектирования трехзвенного манипулятора, приведены его 3D-модель и прототип. Предложен канал удаленного управления манипулятором и протокол передачи информации. В качестве линии связи выбран полимерный оптический кабель (POF). Разработка как манипулятора, так и канала телеуправления им велась в предположении его дальнейшего использования в совместной работе с алгоритмами технического зрения.*

**Ключевые слова:** *трехзвенный манипулятор, полимерный оптический кабель(POF), канал телеуправления.*

## **DEVELOPMENT AND RESEARCH OF A REMOTE CONTROL CHANNEL OF SPATIAL MECHANISMS**

**D.A. Mikhailov, A.A. Mokhov, V.A. Kokovkina**

Scientific Supervisor – **A.L. Priorov**, Doctor of Technical Sciences,  
Professor

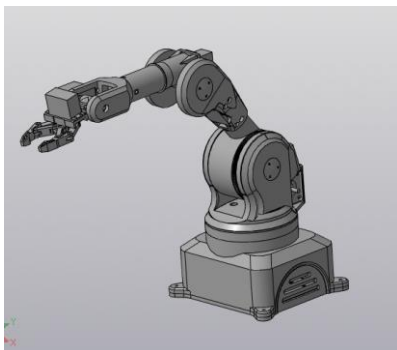
P.G. Demidov Yaroslavl State University

*The development of a software and hardware complex for spatial manipulation driven by electric motors, as well as the design process of a three-link manipulator, are described, its 3D model and prototype are given. A remote control channel for the manipulator and an information transfer protocol are proposed. A polymer optical cable (POF) is selected as the communication line. The development of both the manipulator and the remote control channel was carried out under the assumption of its further use in collaboration with technical vision algorithms.*

**Keywords:** *three-link manipulator, polymer optical cable (POF), remote control channel.*

Механический манипулятор можно рассматривать как разомкнутую последовательность звеньев, начало которой закреплено на основании, а конец (схват, захват) перемещается в пространстве (схема манипулятора приведена

на рисунке 1).



*a)*



*б)*

**Рис. 1. 3D-модель манипулятора (а) и его прототип (б)**

В соединениях звеньев имеются приводы для поступательного или вращательного перемещений звеньев друг относительно друга. Сложность кинематической схемы манипулятора характеризуется числом степеней подвижности, в которое обычно не включают степень подвижности захватного устройства. Степень подвижности – это возможность перемещения на плоскости одного звена манипулятора в ту или иную сторону относительно другого звена. Описываемый манипулятор обладает тремя степенями подвижности.

Каждая степень подвижности характеризуется:

- максимальной величиной поступательного или вращательного перемещений;
- временем перемещения;
- максимальными скоростью и ускорением перемещения;
- погрешностью позиционирования.

Для исследования системы технического зрения, а именно алгоритма локализации, необходимо было спроектировать собственный манипулятор, обладающий заданными параметрами. Готовые устройства либо не удовлетворяют поставленным требованиям, либо являются закрытой системой в смысле интегрирования в них технического зрения, либо отсутствует возможность их приобретения по причине недоступности продажи. Поэтому было принято решение смоделировать трехмерные модели деталей манипулятора и напечатать их на 3D-принтере с последующей сборкой. Основные характеристики разработанного манипулятора приведены в таблице 1.

**Таблица 1. Основные характеристики разработанного манипулятора**

Наименование характеристики	Числовое значение
количество степеней подвижности	3
количество степеней свободы	6
радиус рабочей зоны	30 см
возможность смены насадок рабочего органа	присутствует
грузоподъемность	0,5 кг
вес	2,5 кг

Область применения POF – короткие низкоскоростные линии связи (до 200 Мбит/с на несколько десятков метров). Преимущества POF проявляются в тех случаях, когда простота эксплуатации и низкая стоимость линии связи важнее, чем характеристики самой передачи. Он часто используется в промышленных линиях связи, автомобильной электронике, медицине и разного рода датчиках. При этом POF присущи все те особенности оптического волокна, которые дают ему преимущества перед другими линиями связи. В их числе невосприимчивость к электромагнитному излучению и изолирующие свойства (защита от высоких напряжений), меньшие габариты и вес. Кроме того, пластиковое волокно может с успехом применяться и в различных специальных/корпоративных сетях передачи данных, например, для связи в пределах квартиры или офиса.

Рассмотрим формат сообщения в используемом протоколе передачи информации.

Величина одного отрезка телеграммы 64 байта, которые распределены по секторам, как показано на рисунке 2:

1) Начальное поле, называемое также преамбулой, обозначает начало фрейма. У каждого фрейма блока есть собственное начальное поле.

2) Поле ограничения предназначено для четкого разграничения начального поля и следующих за ним полей данных.

3) В поле данных шина передает до 60 байт используемых данных на блоки управления. Различаются два типа данных, причем разделение поля данных для них является довольно гибким:

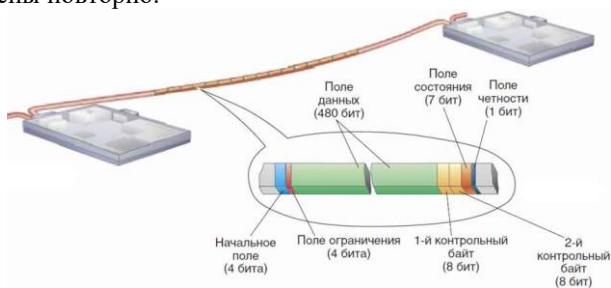
- Синхронные данные, в качестве которых выступают точки координат конечных механизмов. Сектор для синхронных данных в поле данных составляет от 24 до 60 байт. Передача синхронных данных имеет преимущество.

- Асинхронные данные – в качестве них выступают изображения, информация для расчетов, а также тексты. Они вносятся в зависимости от адресов отправителя/ получателя (идентификатора) и имеющегося в распоряжении асинхронной части поля данных; посылаются на приемник в пакетах по 4 байта (квадлеты).

4) Оба контрольных байта передают следующую информацию:

- адрес приемопередатчика (идентификатора);
- команды управления на приемник (например, громче/тише для усилителя).

5) Поле состояния фрейма (кадра) содержит информацию для получателя о его отправке. При помощи поля «паритета» фрейм в последний раз проверяется на полноту данных. В содержании этого поля указывается, будут ли данные отправлены повторно.



**Рис. 2. Отрезок телеграммы**

Таким образом, разработан пространственный манипулятор, а также протокол передачи информации для него, который как позволяет производить управление манипулятором с требуемой точностью, так и приспособлен для передачи данных систем технического зрения. На основе проведенного анализа в качестве линии передачи информации выбрано оптоволокно.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Multiservo Shield*. URL: <http://amperka.ru/product/arduino-multiservo-shield> (дата обращения: 24.04.2018).
2. *Stepper Motor Shield For Arduino*. URL: [https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Stepper\\_Motor\\_Shield\\_For\\_Arduino\\_\(SKU:DRI0023\)](https://www.dfrobot.com/wiki/index.php/Stepper_Motor_Shield_For_Arduino_(SKU:DRI0023)) (дата обращения: 25.04.2018).
3. *Последовательный порт - TTL и RS232*. URL: <http://atroshin.ru/ru/content/posledovatelnyy-port-ttl-i-rs232> (дата обращения: 10.05.2018).
4. *Смирнова Е.В. Технологии современных сетей Ethernet. Методы коммутации и управления потоками данных / Е.В. Смирнова, П.В. Козик. СПб.: ВHV, 2012. 272 с.*

## **АНАЛИЗ МОДУЛИРОВАННЫХ РАДИОСИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**В.Д. Набилков, М.А. Дубов**

Научный руководитель – **М.А. Дубов**, канд. техн. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*Использование методов искусственного интеллекта в обработке радиосигналов является перспективным направлением в создании интеллектуального когнитивного радио. В качестве задачи решаемой с помощью ИИ представлена задача классификации видов модуляции радиосигналов. В работе представлена гибридная модель сверточной нейронной сети CLDNN(ConvolutionalLongShort-TermDeepNeuralNetwork). Использование модели нейронной сети для классификации типа модуляции позволяет получить среднюю точность 88,7 % при ОСШ 0 дБ.*

**Ключевые слова:** модуляция, распознавание, классификация, радиосвязь.

## **ANALYSIS OF MODULATED RADIO SIGNALS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS**

**V.D. Nabilkov, M.A. Dubov**

Scientific Supervisor – **M.A. Dubov**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*The use of artificial intelligence methods in the processing of radio signals is a promising direction in the creation of intelligent cognitive radio. As a problem solved with the help of AI, the task of modulation classification radio signal is presented. The paper presents a hybrid model of a Convolutional Long Short-Term Deep Neural Network. Using the model to classify modulation types allows you to get an average accuracy of 88.7 % at 0 dB SNR.*

**Keywords:** modulation, recognition, classification, radiocommunication.

### *Введение*

За последние несколько лет методы искусственного интеллекта (ИИ) получили большое распространение в области распознавания изображений и

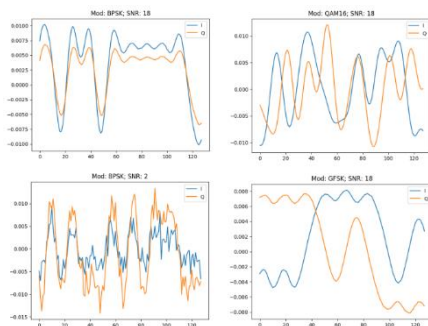
речи, машинного перевода, синтеза речи, бизнес-аналитики. Распространение искусственного интеллекта в различных областях стимулирует увеличение качества, скорости и объемов информации, передаваемых через беспроводные сети, что в свою очередь увеличивает нагрузку на радиоканал.

С развитием технологий искусственного интеллекта, в частности глубокого обучения, нейросетевые алгоритмы все чаще применяются в области телекоммуникаций. Примером использования методов ИИ в телекоммуникациях является распознавание модуляций, детектирование радиосигналов, оценка использования радиоканала, распознавание кодирования канала. Решение этих задач с использованием методов ИИ облегчит получение данных о типе передающих устройств, модели беспроводной передачи данных, характеристиках используемых сигналов, что позволит более эффективно использовать радиоспектр [1].

В работе методы ИИ, в частности глубокого обучения, применены к задаче распознавания видов модуляций. Предложена модель сверточной нейронной сети, которая превосходит классические методы, основанные на выделении признаков [2].

#### *Набор данных*

Для проведения обучения модели нейронной сети был использован набор данных, состоящий из сгруппированных по величине отношения сигнал/шум (ОСШ) и типу модуляции образцов I/Q компонент. Набор данных RADIOML 2018.01A содержит 24 класса модуляций с различными значениями ОСШ в диапазоне от -20 до 30 дБ [3-4]. Пример визуализации данных с различными значениями ОСШ и типом модуляции представлен на рисунке 1.



**Рис. 1. Декомпозиция входного сигнала**

#### *Модель нейронной сети*

Представлена модель гибридной нейронной сети для классификации видов модуляции радиосигналов. В качестве основы для решения задачи распознавания видов модуляции используется гибридная сверточная нейронная

сеть архитектуры CLDNN [5]. Архитектура сети представляет собой комбинацию сверточной нейронной сети, слоя LSTM и полносвязных слоев. Применение такой архитектуры обусловлено ее высокой производительностью на задачах, связанных с обработкой последовательностей и временных рядов [6]. Примером такой задачи является распознавание речи (speech-to-text). Архитектура сети представлена на рисунке 2.

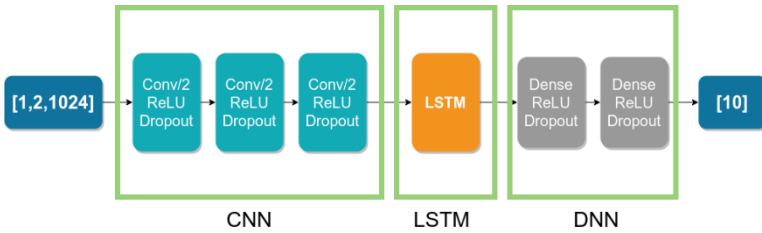


Рис. 2. Архитектура сверточной нейронной сети CLDNN

Данные на входе сети представляют собой временные последовательности – отчеты I/Q компонент. Сверточные слои преобразуют входные последовательности в карты признаков и уменьшают размерность. Для каждого сверточного слоя в качестве входных данных используются признаки предыдущего слоя. Слой LSTM обеспечивает поиск временной когерентности различных типов модуляции за счет имеющейся информации о предыдущем состоянии.

Реализация нейронной сети осуществлялась с помощью фреймворка Tensorflow/Keras. Веса сверточных слоев предварительно заданы с помощью инициализации Ксавьера. В качестве оптимизатора использовался метод адаптивной оценки моментов (Adam).

Обучение нейронной сети происходило на данных, представляющих собой два вектора отсчетов I/Q компонент сигнала. Для каждого типа модуляций в наборе данных содержалось по  $10^4$  выборок сигналов размерностью 1024 отсчета. Входной размер сети соответствовал размеру выборок из набора данных:  $2 \times 1024$ . Обучение сети производилось с использованием CUDA Toolkit 10.2 на GPU Nvidia GTX 1060 6Gb.

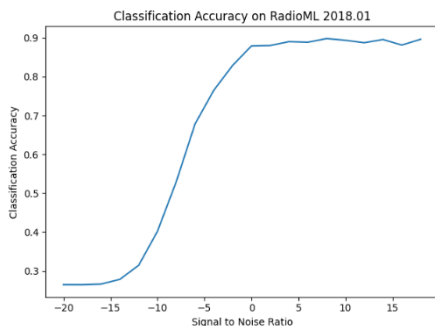
Результаты оценки среднего значения точности распознавания модуляций при различном значении ОСШ представлены на рисунке 3. Тестовый набор сигналов для 10 типов модуляций составлял 10 % от тренировочного набора (10649 примеров).

#### Заключение

Экспериментальные результаты показали, что модель сверточной нейронной сети архитектуры CLDNN выполняет распознавание 10 различных типов модуляции со средней точностью 88,7 % при ОСШ 0 дБ.

Дальнейшего улучшения классификации можно достигнуть за счет применения альтернативных архитектур нейронных сетей. Например, за счет

изменения методов обучения сети, интеграции различных типов сетей, таких как СНН, РНС.



**Рис. 3. Зависимость точности распознавания от значений ОСШ**

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Zhu Z.* Automatic Modulation Classification Principles, Algorithms and Applications / Z. Zhu, A.K. Nandi. 2015.
2. *O'Shea T.* Over the Air Deep Learning Based Radio Signal Classification / T. O'Shea, T. Roy, T.C. Clancy // IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing. 2018. V. 12. pp. 168-179.
3. *O'Shea T.J.* Radio machine learning dataset generation with gnu radio / T. J., O'Shea N. E. West. 2016
4. RF Datasets For Machine Learning. URL: <https://www.deepsig.ai/datasets>.
5. *Sainath T.N.* Convolutional long short-term memory, fully connected deep neural networks / T.N. Sainath, O. Vinyals, A. Senior, H. Sak // IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). 2015. pp. 4580-4584.
6. *Zhang D.* Automatic Modulation Classification Based on Deep Learning for Unmanned Aerial Vehicles / D. Zhang, W. Ding, B. Zhang, C. Xie, Y. Li, C. Liu, J. Han // MDPI Sensors (Basel). 2018.



# СЕКЦИЯ «ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ»

УДК 338

## ВОВЛЕЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА ОРГАНИЗАЦИИ

**Н.С. Арихина, М.А. Угрюмова**

Научный руководитель – **М.А. Угрюмова**, канд. экон. наук,  
доцент  
Ярославский государственный технический университет

*В данной статье рассматривается влияние вовлечения персонала на эффективное функционирование системы менеджмента качества и деятельность организации в целом.*

***Ключевые слова:** вовлеченность персонала, система менеджмента качества, факторы, влияющие на вовлечение персонала, методы вовлечения сотрудников.*

## PERSONNEL INVOLVEMENT AS A FACTOR FOR IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF THE ORGANIZATION'S QUALITY MANAGEMENT SYSTEM

**N.S. Arikhina, M.A. Ugrumova**

Scientific Supervisor - **M.A. Ugrumova**, Candidate of Economic Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*This article examines the impact of personnel involvement on the effective functioning of the quality management system and the activities of the organization as a whole.*

***Keywords:** personnel involvement, quality management system, factors influencing personnel involvement, methods of employee involvement.*

В настоящее время многие организации нацелены на достижение эффективной трудовой деятельности и получение наилучшего конечного результата, поэтому вовлечение персонала в каждый процесс является актуальным вопросом. Для того, чтобы сотрудники активно и увлеченно занимались работой по какому-либо проекту, компания должна создавать для этого опреде-

ленные условия, атмосферу, а также учитывать их индивидуальные потребности, знания и умения.

Сегодня система менеджмента качества (СМК), создаётся с целью обеспечения стабильного качества производимой продукции и оказываемых услуг.

Для того, чтобы разработать эффективно действующую СМК на предприятии, стоит учитывать принципы менеджмента качества - стандарта ГОСТ Р ИСО 9001, на которых базируется данная система. Существует семь таких принципов и все они содержат в своей основе ту самую идею, которая несет для организации очень важное значение. Один из них стоит особенно отметить, так как «вовлечение персонала» играет большую роль в получении успешного результата и слаженной деятельности в различных рабочих процессах, ведь именно от вовлеченности человека зависит выполнение поставленных задач и значения показателей качества [1].

Термин «вовлечение» (engagement) О.Б. Антонов характеризует как процесс побуждения себя и других к определённой деятельности, направленной на достижение личных целей или тех, что поставлены организацией [2].

В настоящее время определение вовлечения персонала звучит следующим образом – это физическое, интеллектуальное и эмоциональное состояние сотрудников, которое мотивирует их выполнять работу как можно лучше. HR-сотрудник крупной компании в области медицинских исследований Анна Борисенко отмечает следующее: «Вовлеченность - готовность сотрудников выходить за рамки своих обязанностей, тратить дополнительную энергию и время для достижения целей компании».

На вовлеченность персонала в деятельности организации влияет множество факторов: атмосфера в коллективе, условия работы, отношения с руководителем, политика организации, возможность карьерного роста, личного развития и многое другое.

Тем не менее, знание только лишь аспектов, определяющих вовлеченность сотрудников, слишком мало для эффективной работы предприятия, так как важное значение имеет реализация на практике. Поэтому, на сегодняшний день перед многими компаниями стоит проблема вовлечения работников в трудовую деятельность для достижения поставленных целей.

Для решения данной проблемы существуют различные методы, наиболее распространённые из них перечислены ниже:

– Поощрение личных проектов – созданные сотрудниками проекты не следует оставлять без должного внимания руководства и поощрения за проявленную инициативу.

– Программа менторства – при первичной адаптации на рабочем месте, сотруднику необходим личный наставник для возможности смелее браться за порученные задачи.

– Празднование новых побед – данный метод заключается в проведении коллективных корпоративов или же тимбилдингов для формирования единства в достижении общих целей.

– Проведение ежегодной церемонии награждения – поощрение наиболее отличившихся сотрудников на протяжении прошедшего года формирует у них понимание важности личного вклада, а для других служит стимулом к достижению новых результатов.

– Система обратной связи – обмен отзывами между руководителем и подчинёнными по работе организации помогает выявить положительные и отрицательные моменты обеих сторон и, если требуется, исправить ситуацию в лучшую сторону.

– Метод Кайдзен – японская философия, основанная на постоянном совершенствовании процессов организации, оптимизацию управления, а также улучшение всех аспектов жизни сотрудников.

Последняя практика, доказавшая свою эффективность в Японии, имеет большую популярность и ставит перед собой различные цели по увеличению потока создания ценности, а также вовлекает в процесс улучшения каждого работника – начиная от рядового сотрудника, заканчивая руководителем самого верхнего звена, мотивирует персонал на активный труд, воспитывает в нём ответственный подход к делу и сплочение коллектива.

Однако на многих российских предприятиях система не нашла широкое применение из-за ряда проблем, возникающих при внедрении. Некоторые из них систематизированы и представлены ниже:

– Данный метод – процесс длительный и требующий постоянных ежедневных усилий без каких-либо остановок, так как они обнулят все имеющиеся достижения, российские же бизнесмены стремятся к моментальному получению результата.

– Множество рационализаторских идей японских сотрудников, идут, в главной степени, с низов, а не от руководства, в отличие от российского персонала.

– Не применяемость на практике – технология Кайдзен не будет действовать, если все изученные инструменты и концепции не осуществляются в действительности.

Несмотря на печальный опыт внедрения в России данной системы, существуют и успешные примеры её применения:

– В компании «Nokian Tyres Россия» уже более шести лет по методу Кайдзен существует Программа поддержки инновационной деятельности, призванная стимулировать сотрудников предлагать свои идеи. За всё это время пришло более 6000 идей и рациональных предложений сотрудников, позволивших сэкономить более 88 000 000 рублей ежегодно, а общая сумма вознаграждения сотрудников превысила 12 320 тыс. рублей [3].

– В компании «Группа «Т Плюс», работающей в сфере электроэнергетики и теплоснабжения в 2016 году был создан Фонд эффективных проектов для реализации инвестиционных инициатив с окупаемостью менее трёх лет. Было подано множество заявок, а размер фонда составил 378 400 тыс. рублей [3].

– Ещё одним успешным примером является онлайн – система подачи предложений, внедрённая на фабрике «Петро» - крупнейшей компании на российском рынке табака. Оценка эффективности процесса непрерывных улучшений заключается в расчете показателя «количество внедренных предложений на одного сотрудника», который в 2016 году составил 1,3 и почти всеми подразделениями этот показатель был перевыполнен за счёт вовлеченности сотрудников фабрики [3].

Таким образом, вовлеченность персонала – это важнейший инструмент повышения эффективности деятельности системы менеджмента качества любой организации, ведь именно он позволяет создавать определённую особенность производимой продукции или услуг за счёт интереса и мотивации сотрудников к различным происходящим процессам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Принципы СМК. URL: <https://sevtest.com/principy-smk> (Дата обращения 16.03.2021).
2. Вовлеченность персонала. URL: <https://vc.ru/hr/42836-vovlechnost-personala> (Дата обращения 16.03.2021).
3. Персонал в системе непрерывных улучшений. URL: <https://www.researchgate.net/publication/334689819> (Дата обращения 16.03.2021).

## **РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЕКТА «ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА КЛИНОВЫХ РЕМНЕЙ»**

**Д.С. Аржанухин, М.С. Кузнецов**

Научный руководитель – **Т.Н. Несиоловская**, д-р техн. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается реализация национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости» на предприятии АО Ярославль-Резинотехника. В качестве пилотного потока был выбран поток изготовления приводных ремней на линии «Берсдорф».*

***Ключевые слова:** выработка, производительность труда, незавершенное производство, стимулирование работников.*

## **IMPLEMENTATION OF THE PROJECT "INCREASING THE EFFICIENCY OF THE PRODUCTION PROCESS OF V-BELTS"**

**D.S. Arzhanukhin, M.S. Kuznetsov**

Scientific Supervisor - **T.N. Nesiolovskaya**, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The implementation of the national project "Labor productivity and employment support" at the enterprise JSC Yaroslavl-Rezinotekhnika is being considered. The pilot stream was the Bersdorf drive belt production stream.*

***Keywords:** Production, labor productivity, work in progress, employee incentives.*

В послании Президента В.В. Путина Федеральному собранию от 20.02.2019 г. в числе приоритетных направлений развития Российской Федерации до 2024 г. названы опережающий темп роста производительности труда, формирование конкурентоспособных отраслей увеличение несырьевого экспорта.

Национальный проект «Производительность труда и поддержка занятости» имеет цели:

- рост производительности труда на средних и крупных предприятиях базовых несырьевых отраслей экономики не ниже 5 процентов в год;
- привлечение к участию в реализации указанной национальной программы не менее 10 субъектов Российской Федерации ежегодно;
- вовлечение в реализацию указанной национальной программы не менее 10 тыс. средних и крупных предприятий базовых несырьевых отраслей экономики.

Он должен решить следующие задачи:

- стимулирование внедрения передовых управленческих, организационных и технологических решений для повышения производительности труда и модернизации основных фондов, в том числе посредством предоставления налоговых преференций;
- сокращение нормативно-правовых и административных ограничений, препятствующих росту производительности труда, а также замещение устаревших и непроизводительных рабочих мест;
- формирование системы методической и организационной поддержки повышения производительности труда на предприятиях;
- формирование системы подготовки кадров, направленной на обучение основам повышения производительности труда, в том числе посредством использования цифровых технологий и платформенных решений.

Национальный проект «Производительность труда и поддержка занятости» комплексно подходит к повышению производительности труда и состоит из трех Федеральных проектов: «Системные меры», «Адресная поддержка», «Поддержка занятости». Ключевыми направлениями проекта «Системные меры» являются снижение административных ограничений и стимулирование применения передовых методов производства и управления. Ключевыми направлениями проекта «Адресная поддержка» являются внедрение лучших практик бережливого производства на конкретных предприятиях и обучение сотрудников. Ключевыми направлениями проекта «Поддержка занятости» являются переобучение работников предприятий и модернизация служб занятости. [2]

Ярославская область является участником Национального проекта «Производительность труда и поддержка занятости» с 2019 г., внедряя его на ряде предприятий. С 18 сентября 2020 г. и по настоящее время проект повышения производительности труда реализуется на АО «Ярославль-Резинотехника» совместно с консультантами Регионального центра компетенций ЯО.

Реализация проекта на АО «Ярославль-Резинотехника» включает 4 последовательно-параллельных этапа:

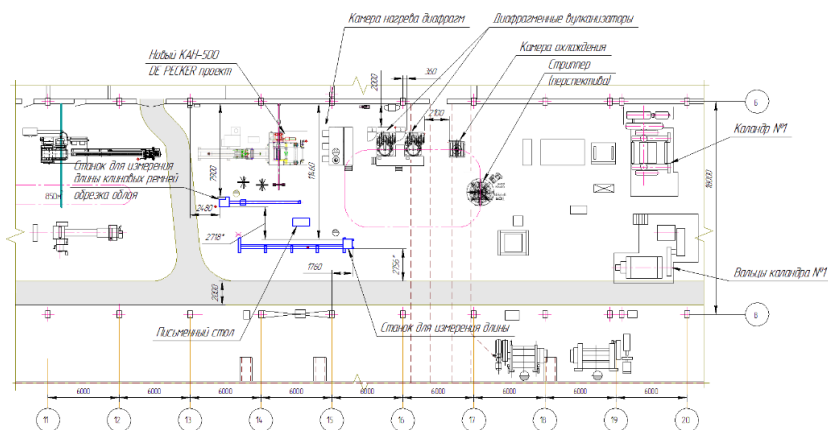
- 1-й этап – формирование ключевых показателей эффективности и создание инфоцентра для управления всеми бизнес-процессами компании;
- 2-й этап – оптимизация продуктовых потоков и обеспечивающих процессов;

- 3-й этап – обучение персонала;
- 4-й этап – управление изменениями.

Информационный центр на производстве обеспечивает управление всеми бизнес-процессами компании и позволяет осуществлять:

- постоянное обеспечение эффективности процессов за счет выявления и устранения потерь;
- достижение соответствующего состояния процессов по таким показателям, как качество, безопасность, затраты, корпоративная культура, вовлеченность персонала;
- визуализацию процесса управления.

В качестве пилотного потока был выбран поток изготовления приводных ремней на линии «Берсдорф».



**Рис. 1. Схема изготовления клиновых ремней**

В ходе диагностики создана верхнеуровневая карта процесса изготовления клиновых ремней. Основные бизнес-процессы:

- Обработка сырья: растаривание, дозирование.
- Производство клиновых ремней: подготовка полуфабрикатов, сборка сердечников, вулканизация, контроль, маркировка, упаковка.

Были выявлены основные потери процесса и составлен план мероприятий по устранению имеющихся проблем.

В настоящее время проходит этап реализации плана. В соответствии с разработанной и утвержденной новой планировкой расположения оборудования и зон хранения заготовок, готовой продукции, оснастки проводится подготовка фундамента для размещения нового оборудования, которое позволит увеличить производительность линии на 15-20 % и загрузку вулканизаторщиков с 50 до 75 %, расчистка проходов, рабочих зон от ненужной оснастки и неиспользуемых инструментов. Уже разработана и внедрена новая зона хранения маркировки, спроектированы и заказаны

передвижные вешала для исключения ручной переноски сердечников и сокращения потерь времени на транспортировку. [1]

Для высвобождения проходов спроектированы и заказаны укороченные стационарные вешала. Проводятся мелкие улучшения на рабочих местах (изготавливаются подставки, дополнительные приспособления и оснастка) для облегчения работы операторов и повышения производительности за счет снижения потерь времени. Совместно со вспомогательными службами предприятия формируется информационный центр на котором будут отображены все показатели работы предприятия. В период проведения совещаний в информационном центре будут рассматриваться вопросы касающиеся повышения эффективности работы предприятия. [1]

Таким образом, реализация данного проекта позволит:

- сократить время протекания процесса;
- увеличить выработку на одного работника;
- снизить объем незавершенного производства;
- сократить уровень брака.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. АО Ярославль-Резинотехника. URL: <https://www.yart-main.ru>.
2. ФЦК. URL: <https://производительность.пф/ru/national-project/abo>.



## **ВЛИЯНИЕ ЭКОНОМИКИ ВПЕЧАТЛЕНИЯ НА ПРОДАЖУ ТОВАРОВ**

**А.С. Аферова, М.Б. Абрамова**

Научный руководитель – **М.Б. Абрамова**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Данная статья затрагивает вопросы влияния экономики впечатлений на успех продаж и реализацию товаров, а также ее значимость для покупателей и бизнеса.*

**Ключевые слова:** экономика впечатления, побуждение, интерес.

## **THE IMPACT OF THE IMPRESSION ECONOMY ON THE SALE OF GOODS**

**A.S. Aferova, M.B. Abramova**

Scientific Supervisor – **M.B. Abramova**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*This article addresses the impact of the impression economy on the success of sales and sales of goods, as well as its significance for customers and businesses.*

**Key words:** Economics of experiences, motivation, interest.

Давайте представим, что Вам дали предмет, непонятной формы, неизвестного размера и цвет как будто все оттенки серого. Захочется ли Вам его взять? Заинтересуетесь ли Вы им, чтобы впоследствии купить?

Если, задавая эти вопросы для своего товара, который Вы собираетесь вывести на рынок, вы с горящими глазами отвечаете «да-да-да», то начало положено.

Хоть нам и может показаться, что на рынке уже предостаточно товаров и услуг и даже в каких-то областях с избытком, но при возникновении чего-либо нового спрос автоматически появляется у людей, ранее не подозревавших, что им это нужно.

В нашем современном мире все давно уже пользуются интернетом, мобильными приложениями. Можно спокойно набрав в поисковой строке наиме-

нование, и у Вас будет множество сайтов, предложений, подборок и аналогов данного товара. Разве это не здорово? А если начать перепрыгивать по каталогам на AliExpress, то можно с полной уверенностью сказать, что ближайшие несколько часов ты и не заметишь. Вы найдете там все, что даже не предполагали, что такое существует в природе. И как понять, что же нас привлекает в них? Только ли стоят в основе наши потребности, или есть другое скрытое глубинное чувство, которое мы и поставим в корень экономики впечатлений?

Что же такое экономика впечатлений и как она помогает зарабатывать в несколько раз больше? Вот Вам, к примеру, такой товар, как кофейные зерна, продаваемые в обычных бакалейных магазинах. Кроме того, этот же продукт можно сварить в каком-нибудь дорожном кафе, и, проезжая мимо по трассе, машины будут останавливаться и пассажиры покупать напиток. Вот тут-то и повышается стоимость за чашку кофе, в отличие от покупки просто зёрен. Следовательно, становится понятно, что, если это будет необычное кафе, а дорогой ресторан, цена будет еще выше. Но если, я скажу Вам, что, заказав, этот самый кофе в пятизвездочном ресторане, где его приготовление и распитие напоминает театральное представление, покупатель будет готов отдать за него в несколько раз больше. Компании, которые достигают такого уровня стоимости своего товара, значительно повышают его потребительскую ценность.

На наши эмоции влияют факторы в совокупности, а не только внешняя обертка товара. Разберем на примере. Какой магазин является желанным для большинства владельцев и застройщиков торговых центров? Магазин с продукцией Apple. Но почему? Несомненно, высокий процент посещения магазина не только ради приобретения товаров, но и также ради впечатлений — в нём число продаж на квадратный метр в разы превышает аналогичный показатель типичной розничной торговой точки. Если побывать в магазинах расширенного ассортимента за пределами нашей «деревни», то можно действительно убедиться, что это похоже на будущее.

Есть интересный факт, что сотрудники компании Apple обучались постановке и укреплению впечатлений у специалистов гостиничной сферы - сети Ритц-Карлтон и различных бутик-отелей, у которых они искали вдохновение для создания розничного магазина абсолютно нового формата. Таким образом, жажда впечатлений от товаров в магазинах Apple до жути напоминает поход в гостиничный бар, чтобы пропустить бокал чего-нибудь крепкого. Расположенные внутри магазинов секции GeniusBar, айпод-студии и классные комнаты в виде амфитеатров очень сильно напоминают зоны регистрации, стойки ресепшен и места для проведения встреч в лучших бутик-отелях. Кроме того, эти «дизайнерские» отели сыграли свою роль в разрастании конкурентной среды в самой индустрии гостеприимства. Благодаря Биллу Комптону, Йену Шрегеру, Чипу Конли и другим владельцам и управляющим отелей, ни одна гостиничная сеть уже не сможет просто позволить себе предоставлять базовый набор услуг и забыть про получаемые постояльцами впечатления. В настоящее

время индустрия гостиничного бизнеса создает новые ценности за счет постановки впечатлений. Но не будем отходить от темы.

Можно сделать самый главный вывод, что не всегда цена влияет на покупку товара. Окинув взглядом своих знакомых, большинство имеют как раз технику Apple. Но почему люди, имеющие деньги на покупку столь дорогой вещи, не хотят разделить их на более доступный гаджет и дополнительную покупку на оставшиеся деньги? Все просто, данный товар преподносится так, что ты покупаешь его и появляется уверенность, что ты обладаешь драгоценной вещцей.

Я думаю, что все-таки при покупке вещей нас более побуждает глубинное удовлетворение эмоций, от которых мы радуемся, чем базовая потребность в покупке. Поясню. Есть покупки, которые регулярно необходимы или в случившейся ситуации становятся необходимыми, как например, зимняя куртка необходима в сезон холодов. Без нее никак. А есть покупки, которые осуществляются при одном взгляде на вещь. Ты начинаешь чувствовать ее своей уже в магазине. И такие покупки и удовлетворяют самые глубинные эмоции. И запоминаются, конечно, лучше. Я, конечно, за второй вид. Поколение сменяется, мы давно уже не «накопители», а «потребители». Мы и живем ради эмоций, всё сходится.

Можем ли мы принять впечатление как отдельное экономическое предложение? Я думаю это залог экономического роста в будущем.

Впечатления всегда были ядром индустрии развлечений, начиная с театральных представлений и концертов и заканчивая фильмами и телевизионными шоу. Но это не означает, что впечатления целиком и полностью зависят от развлечений.

Развлечения — это только одна грань впечатлений. Это своего рода вовлечение в интересное действие покупателей для погружения в смысл приобретения и владения товаром. И этим смыслом не является просто вещь и потраченные средства.

Представьте, что вы идете на собеседование. Вы переживаете и очень хотите произвести правильное впечатление, чтобы Вас заметили. Необходимо быть сосредоточенным и с легкостью общаться, быть открытым и, в то же время, держать деловой вид. Это можно назвать неким действием, игрой по тому образу, который мы себе составили. Так и с товаром, только после взаимодействия с ним у нас возникнет это впечатление. Уже просто красивой обертки с вкусным парфюмом нам не хватит. Как и работодателю лишь красивого костюма без внутреннего характера.

Теперь можно конкретизировать и выделить главные стороны, в которые можно развивать и совершенствовать свой новый товар. Во-первых, это качество. Как бы ни был разрекламирован Ваш продукт, спрос покупателей на долгосрочной основе будет зависеть все же от качества. Во-вторых, это доступность. Если товар будет недостижим многим слоям населения в регионах, в которых большой процент целевой аудитории, то он будет и вовсе не нужен,

т.к. потребители ради удобства найдут более доступные аналоги. В-третьих, информационная оснащенность. Ведь и правда, каким бы ни был качественным товар, но, если про него никто и ничего не знает, и вы его храните дома под подушкой, так он и останется на месте. А ему ведь необходимо увидеть свет! И, в – четвертых, это экономика впечатления. Как у нас получается, мы обклеили товар «блётками» – что он весь такой качественный, внимание покупателя привлекли, осталось его заинтересовать и товар будет куплен. Для этого и нужна экономика впечатления.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гилмор Джеймс Х.* Экономика впечатлений: Как превратить покупку в захватывающее действие, 2011.
2. *Стрелеки Джон.* Кафе на краю земли, 2018.

## **ЗНАЧИМОСТЬ ЛИЧНОГО БРЕНДА В ФОРМИРОВАНИИ ИМИДЖА СОВРЕМЕННОГО СТУДЕНТА**

**А.А. Бархатова, Я.Д. Чистякова, В.Д. Сухов**

Научный руководитель – **В.Д. Сухов**, канд. хим. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается значимость личного бренда в формировании имиджа современного студента. Созданный собственный персональный бренд студента предоставляет возможность продемонстрировать свои умения и преимущества, выделиться, понять, как его воспринимают другие, в том числе потенциальные работодатели, менеджеры, инвесторы, специалисты.*

***Ключевые слова:** бренд, имидж, портфолио, студент, работодатель, роль, квалифицированный сотрудник, достижения.*

## **THE IMPORTANCE OF A PERSONAL BRAND IN SHAPING THE IMAGE OF A MODERN STUDENT**

**A.A. Barhatova, Y.D. Chistyakova, V.D. Sukhov**

Scientific Supervisor - **V.D. Sukhov**, Candidate of Chemical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The importance of a personal brand in the formation of the image of a modern student is considered. The created personal brand of the student provides an opportunity to demonstrate their skills and advantages, to stand out, to understand how it is perceived by others, including potential employers, managers, investors, and specialists.*

***Keywords:** brand, image, portfolio, student, employer, role, qualified employee, achievements.*

Каждый работодатель, независимо от вида собственности предприятия, заинтересован в привлечении к работе талантливых и квалифицированных сотрудников, удержании их от перехода к конкурентам, уменьшении затрат на поиск и подбор персонала, снижение текучести кадров и многое другое. Для этого кадровые службы предприятий проводят большую организационную работу при выборе персонала среди молодых специалистов, выпускников ву-

зов. У вчерашних студентов еще не сложилась система определенных стереотипов, они полны энергии и энтузиазма, у них много своих свежих идей, оригинальных решений для развития бизнес-процессов. Они в полной мере стремятся применить на практике все полученные ими ранее знания и способны быстро овладеть новыми практическими навыками. Однако найти таких активных соискателей среди выпускников большого количества вузов представляется довольно сложной задачей.

Сегодня кадровые службы компаний, фирм, предприятий предлагают молодым специалистам различные вакантные должности, приглашают соискателей для собеседования, участвуют в проведении ярмарок вакансий для выпускников с целью выявления личностных характеристик претендента, составление его психологического портрета. При проведении такой организационной работы большое значение приобретает портфолио выпускника и его персональный бренд.

Портфолио студента позволяет объективно оценить результаты его обучения, что находит документальное подтверждение в общественно значимых и личных достижениях освоения образовательных программ. Следует отметить, что грамотно составленное портфолио это не только фиксация успехов студента в учебе, но и один из методов его продвижения студента на рынке труда. Однако, как показывает практика наличие у выпускника только портфолио для работодателя недостаточно, поскольку в нем отсутствуют такие важные сведения о соискателе, как его общение с коллегами, кем он является на самом деле, как ведет себя изо дня в день и многое, многое другое. В отличие от портфолио персональный бренд выпускника позволяет существенно расширить представление о соискателе.

В современном обществе, в эпоху цифровой экономики интерес к персональному бренду, в том числе и к бренду студента вуза, постоянно возрастает. Что же такое персональный бренд? Если обратиться к литературным источникам [1-3], то в них можно найти большое количество определений этого понятия, но все они в основном относятся к бизнес-среде. Согласно «Википедии»: «Бренд – это комплекс представлений, ассоциаций, эмоций, ценностных характеристик. Он символизирует определенные качества продукта или его характеристики. Бренд должен быть узнаваем...». Анализируя данное определение, возникает вопрос: «В чем состоят особенности такого бренда?».

Единственное обязательное условие при создании бренда - студент должен иметь высшее образование, обладать умением использовать полученными во время учебы компетенции, располагать определенными коммуникационными навыками, любить свою будущую профессию и конечно немного везения. Талантливый студент, медийная персона, эмоциональный человек всегда будет интересен целевой аудитории слушателей и интернет-пользователям. Персональный бренд позволит сформировать профессиональный имидж студента, создаст о нем определенное представление в глазах различных видов аудиторий.

Студенческая жизнь - незабываемый период открытий, роста и развития. Это тот жизненный этап, когда о человеке, студенте знает лишь небольшая группа друзей, сокурсников, знакомых, которые вряд ли окажут существенное влияние на его будущее. Но с другой стороны это тот период времени, когда можно и нужно начинать создавать свой личный бренд. Каждый студент способен самостоятельно выбрать характерные черты своей личности, которые он способен продемонстрировать внешней среде. Один из принципов построения бренда гласит: «Смысл личного бренда заключается в том, чтобы быть искренним и последовательным. Настоящие отношения между людьми всегда строятся на последовательности. Такие взаимоотношения будут прочными только тогда, когда будет ясно, чего можно ожидать от человека, имеющего свой личный бренд».

К сожалению, нынешнее высшее образование, в том виде, в котором оно находится сегодня, не позволяет развить все необходимые современным молодым людям практические навыки. Студентам, часто самим приходится «добирать» недостающие им знания и навыки из других источников, и здесь дополнительное образование начинает играть важную роль. Уже сейчас в приоритете у работодателя является наличие у соискателя несколько сертификатов о прохождении дополнительных курсов. Их наличие подскажет работодателю не только о навыках, которыми владеет потенциальный будущий сотрудник, но и о его самодисциплине, умению подбирать для себя источники дополнительного образования.

Анализ литературы показал [2–4], что для создания личного бренда сегодня имеется много возможностей, при этом следует понимать, что его создание это довольно долгий, трудоемкий процесс, требующий профессионального подхода и постоянной работы над ним. Для создания собственного персонального бренда сегодня имеется много возможностей, причем его созданием может заниматься каждый студент самостоятельно, однако он может прибегнуть и к услугам SMM-специалистов. В настоящей работе предлагается каждому студенту уже на ранних курсах обучения приступить к созданию собственного бренда, последовательно реализуя следующие этапы:

Этап 1. Принятие решения о создании персонального бренда студента вуза.

Этап 2. Разработка концепции бренда.

Этап 3. Разработка видения и образа своего личного бренда.

Этап 4. Определение целевой аудитории.

Этап 5. Исследование конкурентов.

Этап 6. Исследование трендов развития образования.

Этап 7. Разработка требований к фирменному стилю бренда студента.

Этап 8. Разработка линейки продуктов.

Этап 9. Разработка фирменного стиля и прочей атрибутики.

Этап 10. Выявление основных каналов продвижения в офф- и онлайн.

Этап 11. Запуск программы продвижения.

Этап 12. Корректировка концепции.

Таким образом, созданный собственный персональный бренд студента предоставляет возможность продемонстрировать свои умения и преимущества, выделиться, понять, как его воспринимают другие, в том числе потенциальные работодатели, менеджеры, инвесторы, специалисты. Кроме того, личный бренд нужен студенту, если он хочет:

- быть узнаваемым;
- получить работу в интересной ему компании с достойной величиной оплаты труда;
- продвинуть свой бизнес на новый уровень;
- завести полезные взаимовыгодные знакомства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Патрахина Т.Н.* Понятие «личный бренд», области его применения: теоретические аспекты / Т.Н. Патрахина, К.С. Вялкова // Молодой ученый. 2015. №2. С. 294-297.
2. *Сухов С.В.* Катализатор величия. М.: Изд-во «Э», 2017. 172 с.
3. *Котлер Ф.* Персональный брендинг. Технологии достижения личной популярности / Ф. Котлер, И. Рейн, М. Хэмлин, М. Столлер. М.: Издат. Дом Гребенникова, 2008. 400 с.
4. *Киселев А.А.* Основы теории менеджмента / А.А. Киселев, В.Д. Сухов, А.И. Сазонов. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. 292 с.



## БЛОКЧЕЙН НА ПРЕДПРИЯТИИ БУДУЩЕГО

**Б.Г. Бессарабов, В.Д. Сухов**

Научный руководитель – **В.Д. Сухов**, канд. хим. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается возможность и место применения технологии блокчейн на предприятии в скором будущем. На основе этого были выделены шесть факторов, которые оценивают варианты использования этой технологии в конкретном процессе.*

**Ключевые слова:** базы данных, цифровой реестр, блокчейн, обмен данными.

## BLOCKCHAIN IN THE FACTORY OF THE FUTURE

**B.G. Bessarabov, V.D. Sukhov**

Scientific Supervisor - **V.D. Sukhov**, Candidate of Chemical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The possibility and place of application of blockchain technology at the enterprise in the near future is being considered. Based on this, six factors have been identified that evaluate the options for using this technology in a particular process.*

**Keywords:** databases, digital ledger, blockchain, data exchange.

На предприятии будущего обмен данными происходит в сложной сети машин, деталей, продуктов и участников цепочки создания стоимости, включая поставщиков оборудования и логистические компании. В результате чего, сегодня чаще, чем когда-либо, производители сталкиваются с проблемой безопасного обмена данными внутри и за пределами предприятия.

Традиционные базы данных не всегда хорошо подходят для этой решения этой задачи, поэтому производителям предлагается использовать новую, современную технологию: блокчейн.

Блокчейн – это цифровой реестр, который обеспечивает единую версию истины, защищенную от несанкционированного доступа. Технология предлагает уникальные преимущества в ситуациях, когда отсутствует доверие между сторонами, которым необходимо безопасно собирать, хранить и передавать

важные данные, например, данные, относящиеся к интеллектуальной собственности. Производители также могут применять блокчейн для разработки инновационных бизнес-моделей и расширения границ производства за пределы традиционного завода [1].

Однако, для некоторых производственных задач блокчейн - не лучший вариант, так например, другие типы баз данных уместнее, когда сторонам необходимо хранить и обрабатывать большие объемы данных в режиме реального времени.

Чтобы точно определить ситуации, когда блокчейн является подходящей технологией для поддержки операций, производитель должен провести структурированную оценку, начиная с определения текущих бизнес-проблем компании и будущих потребностей. Затем он может изучить, как использовать эту технологию, чтобы уменьшить болевые точки предприятия и удовлетворить его потребности. Обладая глубоким пониманием возможностей и проблем, с которыми он сталкивается, производитель может выбрать лучшие варианты из доступных технологических решений.

Чтобы обеспечить доверие между участниками цепочки создания стоимости, производители традиционно полагались на прочные отношения с поставщиками, независимые аудиты качества, практику «шести сигм» и обширную документацию. К сожалению, такая практика обычно влечет за собой высокие расходы, известные как трастовый налог. За счет более эффективного обеспечения доверия - помимо предоставления других преимуществ - блокчейн снижает потребность в этих дорогостоящих подходах.

Блокчейн был разработан, чтобы обеспечить технологическую основу для цифровой валюты. Ранние поколения блокчейнов не поддерживали эффективно промышленные приложения из-за ограничений в масштабируемости сети, совместимости и скорости обработки. Однако в разрабатываемых версиях используются новые протоколы консенсуса, которые повышают эффективность процесса проверки за счет увеличения количества транзакций в секунду и снижения вычислительных затрат [2].

Взаимодействие требует единого технического стандарта для связи и передачи данных. Такой стандарт будет способствовать повышению уровня взаимодействия, прозрачности и безопасности по сравнению с существующими системами и платформами. Но поскольку общего стандарта еще не существует, многие приложения блокчейна не вышли за рамки этапа проверки концепции.

Прилагаются усилия, чтобы раскрыть потенциал блокчейна в производстве. Например, Trusted IoT Alliance, сотрудничает с ведущими технологическими компаниями (включая Bosch и Cisco Systems) и многочисленными стартапами, разрабатывает стандарт с открытым исходным кодом для интеграции блокчейна. Стандарт фокусируется на интерфейсе смарт-контракта, который позволяет данным беспрепятственно перемещаться внутри и между системами с поддержкой блокчейна.

Хотя первые проверочные приложения Trusted IoT Alliance сосредоточены на цепочке поставок, разработчики предполагают создать другие приложения, которые будут поддерживать неизменяемую документацию и надежную идентификацию оборудования. После создания стандарт может быть интегрирован в новое заводское оборудование и программное обеспечение для расширения приложений блокчейна.

Хотя блокчейн становится проще развертывать на заводе, он не является панацеей от всех проблем в промышленных операциях. Речь идет о данных в реальном времени. Для приложений, требующих почти немедленного обмена данными, таких как оперативное управление производственным оборудованием, время задержки, связанное с использованием блокчейна, является чрезмерным. Аналогичным образом, технология блокчейн не подходит для проведения расширенной аналитики - возможности, которая приобретает все большее значение в производственной деятельности.

При оценке соответствующих возможностей использования блокчейна производители должны учитывать, являются ли другие базы данных лучшими вариантами. Недавно разработанные базы данных центральной бухгалтерской книги предлагают некоторые преимущества блокчейна (включая доверие и неизменность), хотя они применимы к меньшему количеству вариантов использования. С другой стороны, их легче настроить и они могут обрабатывать больше транзакций. Потому что доверенная центральная сторона управляет этой базой данных бухгалтерской книги.

Прежде чем выбрать варианты использования блокчейна, производители должны провести многоэтапную оценку. Оценка применимости должна касаться шести факторов:

– Желательность. Производителю следует сначала подумать, может ли вариант использования решить одну или несколько существующих проблемных точек и бизнес-потребности и тем самым принести пользу. Производителю также следует учитывать препятствия для получения желаемых преимуществ. Например, несколько сторон должны быть готовы принять блокчейн в качестве новой технологии для обмена информацией и осуществления платежей, и они должны отказаться от использования своих традиционных баз данных в качестве источника истины. Чтобы полностью учесть потенциальные выгоды, производитель должен также учитывать сетевые эффекты (такие как ускорение получения выгоды по цепочке поставок), когда критическая масса заинтересованных сторон приняла вариант использования блокчейна.

– Осуществимость. Для каждого желательного варианта использования производитель должен оценить усилия, необходимые для реализации. Это включает в себя анализ эксплуатационной осуществимости (например, возможности интеграции варианта использования с другими системами) и временных рамок, необходимых для реализации.

– Жизнеспособность. Производитель должен оценить экономическое обоснование инвестирования в возможные варианты использования. Оценка

экономической жизнеспособности включает рассмотрение как финансовых последствий, так и связанных с этим рисков.

– Нормативные требования. Чтобы оценить, следует ли использовать варианты использования, связанные со смарт-контрактами, производитель должен понимать нормативно-правовую среду в каждой стране, где расположены его партнеры по цепочке поставок. Некоторые страны и юрисдикции еще не признают смарт-контракты юридически обязательными. Кроме того, правила, регулирующие хранение конфиденциальных данных, могут создавать препятствия для использования блокчейна.

– Стратегическое согласование. Каждый подход или бизнес-модель, основанная на блокчейне, должна быть согласована с общей стратегией компании. Если подход или бизнес-модель подрывают или противоречат другим инициативам или политикам, производителю придется смягчить негативные последствия несоответствия, чтобы реализовать вариант блокчейна.

– Техническая проверка. Производитель должен подтвердить, что блокчейн действительно является правильной технологией, которую следует принять для достижения целей варианта использования, по сравнению с использованием базы данных центральной бухгалтерской книги или какого-либо другого типа базы данных. Это включает в себя проведение комплексной технической проверки для оценки таких вопросов, как, достаточно ли зрелая технология и доступны ли внутренние возможности, а если нет, то в рамках комплексной проверки необходимо учитывать, как улучшить технологию и возможности производителя [3].

Блокчейн и предприятия постоянно развиваются. Последние протоколы блокчейн стремятся увеличить скорость обработки и улучшить конфиденциальность данных и управление ими. И по мере того, как технология быстро прогрессирует, производственные операции все чаще требуют обмена данными и сотрудничества между сложными сетями компаний и машин. Укрепляя доверие и связи внутри этих сложных сетей, блокчейн может помочь производителям устранить некоторые препятствия, которые мешали полномасштабному развертыванию других технологий следующего поколения и инновационных бизнес-моделей. Тем не менее, блокчейн не является панацеей, и некоторые базы данных остаются лучшим выбором для конкретных задач. Вооруженный детальной оценкой болевых точек и приоритетным набором вариантов использования, производитель будет иметь хорошие возможности для соответствия правильного технологического решения своим наиболее важным бизнес-потребностям.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Тапскотт Дон*. Технология блокчейн: то, что движет финансовой революцией сегодня / Дон Тапскотт, Алекс Тапскотт ; пер. с англ. К. Шашковой, Е. Ряхиной. Эксмо: Москва, 2017

2. *Поппер Натаниел*. Цифровое золото: невероятная история Биткойна / Пер. с англ. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2016. 386 с.

3. *Буликов С.Н.* Развитие механизмов кооперирования и кредитования в строительстве: монография / С.Н. Буликов, М.В. Лысанова, В.Д. Сухов. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2011. 224 с.

## РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО КАПИТАЛА КАК ОСНОВА ЭКОНОМИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ

**Д.В. Борисов, В.М. Копров**

Научный руководитель – **В.М. Копров**, канд. экон. наук,  
ст. преподаватель

Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны

*Экономическая категория «Человеческий капитал» рассматривается со стороны работника. Определена актуальность и направления развития этого вида капитала как актива.*

***Ключевые слова:** человеческий капитал, нематериальные активы, развитие человеческих ресурсов, компетентность.*

## DEVELOPMENT OF HUMAN CAPITAL AS A BASE OF ECONOMIC WELFARE

**D.V. Borisov, V.M. Koprov**

Scientific Supervisor - **V.M. Koprov**, Candidate of Economics  
Sciences, Senior Lecturer

Yaroslavl Higher Military College of Air Defence

*Economic category «Human capital» is analysed from the position of employee. Actuality and direction of this type of capital development is identified as non-material assets.*

***Keywords:** human capital, non-material assets, human resource development, competence.*

В условиях современной экономической обстановки, когда всё большее значение приобретает неценовая конкуренция, а человек хочет максимально эффективно реализовать свой потенциал, проблема развития человеческого капитала становится всё более актуальной. Причем как для организаций, так и для самого человека. Мы рассмотрим этот вопрос в большей степени со стороны отдельного человека.

В структуре человеческого капитала принято выделять следующие основные компоненты:

– Физические качества человека, к которым можно отнести запас физического и душевного здоровья, уровень развития физических качеств и возможностей человека

– Значимые личностные качества, которые определяются как все морально-волевые качества личности, используемые ей для удовлетворения своих многообразных потребностей, а также ценности и убеждения, которых она придерживается

– Компетентность, под которой понимаются знания, умения, профессиональный и жизненный опыт используемый человеком в повседневной жизни и профессиональной деятельности. К наиболее важным компетенциям относятся [1]:

– Учебная, которая проявляется в умении добывать информацию из различных источников, применять её, усваивать новые знания и вырабатывать навыки.

– Коммуникативная, проявление которой мы видим в общении с людьми, создании и использовании полезных общественных связей; сюда же можно включить репутацию человека.

Ключевая особенность человеческого капитала заключается в том, что он неотделим от живой человеческой личности, что заставляет учитывать при его развитии индивидуальные психологические особенности конкретного человека.

В свою очередь, свой человеческий капитал каждый человек может рассматривать как собственный нематериальный актив, который может принести ему доход и который можно и целесообразно развивать.

Направления развития человеческого капитала напрямую связаны с его структурой. К основным направлениям можно отнести:

– Медико-физическое

– Образовательное

– Духовно-нравственное

В основе первого направления лежит контроль за состоянием здоровья и уровнем физического развития. Возникшая в 1960-х годах экономика медицинского обслуживания убедительно доказала, что регулярные занятия физической культурой и спортом и хорошая медицинская помощь позволяют избежать больших затрат на лечение заболеваний (со стороны человека) и восполнение убыли квалифицированных профессиональных кадров (со стороны организаций). В дополнение к этому, развитие данного направления позволяет организациям «запасться человеческим капиталом» на более длительный срок, а самому человеку больше этого капитала «накопить» [2, с.171].

Развитие второго направления подразумевает обучение людей с целью повышения их уровня квалификации, профессиональных качеств, а также совершенствования и поддержания на высоком уровне их умственных способностей. Работа в этом направлении напрямую влияет на появление и внедрение

инноваций, которые обеспечивают компаниям преимущество, а сам человек в этом случае становится более социально защищенным, приобретая большее количество компетенций.

Третья составляющая развития человеческого капитала связана с формированием у человека таких морально-нравственных качеств, которые позволят ему эффективно выполнять работу при любых обстоятельствах. Человек в этом случае приобретает хорошие привычки и мотивацию, которые помогут ему при достижении любых целей, а компания сводит к минимуму возможность появления проблемы текучести кадров.

Для наиболее эффективного развития человеческого капитала необходимо проводить работу во всех трех направлениях в комплексе.

Как и любой актив, человеческий капитал развивается за счет вложений. Причем самых разнообразных – от времени и труда до денежных средств и иных ресурсов. Инициаторами таких вложений могут выступать как компании, заинтересованные в повышении эффективности своей деятельности, так и сами люди, цель основной цель которых – повысить свой уровень жизни и благосостояния.

В рамках работы рассмотрим эффективность финансовых вложений в человеческий капитал только со стороны индивида.

Сравним выгодность вложений в различные финансовые инструменты. Наиболее очевидным и выгодным кажется открытие вклада в банке или заключение договора на управление индивидуальным инвестиционным счетом. Однако эту же сумму денег можно вложить, например, в прохождение курсов профессиональной переподготовки (т.е. увеличение своего человеческого капитала), после которых работа по специальности принесет при тех же временных затратах прирост дохода, превышающий процент по вкладу и прибыльность ИИС (см. рисунок 1).

Аналогичные примеры можно привести и про остальные направления развития человеческого капитала.

Однако, нужно помнить, что вложения в человеческий капитал дают длительный по времени и многоплановый по отдаче экономический и социальный эффект, что выгодно отличает их от других вложений.





**Рис. 1. Соотношение временных и финансовых затрат с конечным результатом при использовании различных способов инвестирования**

В свете вышесказанного можно сделать вывод, что человеческий капитал можно и нужно накапливать и развивать. Это именно тот ресурс, наличием которого в настоящее время определяет экономическое благополучие как различных субъектов экономических отношений, так и всего общества в целом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Борисов Е.Ф.* Экономическая теория: учебник. Изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Юрайт, 2008. 399с.
2. *Штов С.Б.* Развитие человеческого капитала в условиях цифровизации экономики (социально-философский взгляд) // *Almamater (Вестник высшей школы)*. 2019. № 8. С. 20-22.

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕРСОНАЛА**

**И.А. Бровкин, М.Б. Абрамова**

Научный руководитель – **М.Б. Абрамова**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается влияние профессиональной деятельности персонала на работу организации в целом. На основе анализа системы оценки персонала ООО ПФ «СТИС» предложены направления ее совершенствования.*

***Ключевые слова:** оценка персонала, эффективность профессиональной деятельности, управление персоналом.*

## **EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF PROFESSIONAL ACTIVITIES**

**I.A. Brovkin, M.B. Abramova**

Scientific Supervisor – **M.B. Abramova**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The influence of the professional activity of the staff on the work of the organization as a whole is considered. On the basis of the analysis of the personnel evaluation system of LLC PF "STIS", the directions of its improvement are proposed.*

***Keywords:** personnel evaluation, professional performance, personnel management.*

Необходимость повышения эффективности профессиональной деятельности персонала современных организаций обуславливает потребность в совершенствовании оценочной деятельности персонала. Руководители современного типа испытывают потребность в выборе и совершенствовании технологий оценивания подчиненных.

Актуальность проблемы совершенствования технологий оценки персонала, степень научной разработанности и несомненная практическая значимость в условиях современной России определили выбор темы данной статьи.

В работе рассмотрена проблема оценки персонала, на основе анализа профессиональной деятельности предприятия ООО ПФ «СТИС», будет пред-

ложен эффективный метод оценки работы персонала.

В условиях развития рыночных методов хозяйствования важность квалифицированной оценки персонала тем более возрастает, поскольку персонал является человеческим ресурсом современной организации и обеспечивает достижение ее стратегических целей.

В управленческой практике используются системы деловой оценки персонала, которые базируются на применении определенного методологического аппарата. Основной целью оценки персонала является определение результативности, продуктивности и эффективности, выполняемых работниками трудовых обязанностей.

Оценка персонала – это достаточно сложная в структурном отношении система. Технологии оценки не могут использоваться однозначно в любой организации. Здесь всегда необходимо учитывать специфику организации, ее цели и задачи, а также механизм реализации функций, которые выполняют работники в ее рамках. Оценку персонала представляем как технологический комплекс, в котором присутствуют две основные формы – первичная оценка, используемая при рассмотрении кандидатуры на занятие вакантной должности, и оценка текущая, позволяющая оценивать текущую деятельность человека в процессе выполнения должностных функций.

Известно, что значительный вклад в формирование и развитие знаний в области управления персоналом внесли отечественные исследователи Т.Ю. Базаров, Н.А. Волгин, Е.С. Дружинин, Б.Т. Пономаренко, А.И. Турчинов, Л.В. Фотина и др.

Управление персоналом — это непосредственное отношение между объектом и субъектом управления. Такие отношения могут возникнуть в любой сфере деятельности: экономической, социально-психологической и правовой. Но для рациональной деятельности организации в области управления персоналом, стоит острая необходимость построить целостную систему управления организацией, которая объединяет отдельные подсистемы работы с персоналом.

В данной работе проанализирован подход к оценке эффективности профессиональной деятельности персонала, применяемый в российской и зарубежной практике на основе анализа профессиональной деятельности персонала ООО ПФ «СТИС». Производственная Фирма «СТИС» – активно развивающаяся компания, предлагающая уникальные услуги по бестраншейному ремонту и строительству наружных сетей водоснабжения, канализации, трубопроводов горячей воды и пара, а также технологических трубопроводов промышленных предприятий. В Ярославской области конкурентов у предприятия нет, так как технологии оказываемых услуг уникальны. Что касается кадрового состава, в данной организации трудоустроено 76 человек, из них руководителей - 5 человек, специалистов - 16 человек, рабочих и обслуживающего персонала - 55.

Был произведен предметный анализ действующей в ООО ПФ «СТИС»

системы оценки эффективности работы персонала. Анализ процедуры оценки основан на изучении документации, внутренней информации организации, хранящейся в Управлении по работе с персоналом, а также собственном опыте активного участия автора в организации и координировании процедуры оценки персонала в 2020 году, а также с учетом мнения и рекомендаций сотрудников Управления по работе с персоналом.

В результате исследования установлено, что системе оценки персонала присущи позитивные и проблемные черты.

К позитивным аспектам оценки персонала компании автор относит:

- простоту в использовании, низкие затраты ресурсов;
- всеобщий охват сотрудников,
- достаточно высокую информативность;
- система оценки включается в общую схему работы HR;
- возможность для сотрудника оценить себя самостоятельно;
- проведение личной беседы каждого сотрудника и его руководителя.

К недостаткам системы оценки персонала в организации отнесены:

- несовершенная система общекорпоративных компетенций;
- низкая эффективность и субъективность оценки, проблемы с коммуникацией;
- не оцениваются профессиональные знания некоторых категорий, для которых это важно.

В результате были предложены направления совершенствования системы оценки персонала выбранной организации.

Предложено пересмотреть существующую систему компетенций организации, дополнить перечень компетенций, в зависимости от требований и функций конкретной должности. Для каждого отдела внутри подразделения были определены критичные компетенции, важные и второстепенные. Предложено пересмотреть процедуру оценки, расширив ее и внедрив метод оценки персонала «360 градусов».

Для этого необходимо реализовать следующие задачи:

- проанализировать и оценить результаты и эффективности деятельности сотрудников за прошедший период.
- оценить знания и специальные навыки сотрудников.
- обосновать составление плана профессионального и карьерного развития.
- сформировать программу деятельности на будущий период и индивидуальные цели для каждого сотрудника.

Работа по совершенствованию начинается с момента постановки целей на отчетный период и заканчивается оценкой результатов в конце этого периода. В начале отчетного периода (начало года) руководитель ставит цели сотрудникам своего подразделения в соответствии со стратегией и планами на год.

Предметом оценки является степень продуктивной работы развития профессиональных навыков. Работник и его непосредственный наставник-руководитель назначают встречу в конкретное время и обозначают четкие планы, цели и задачи. Все формулировки должны иметь конкретную цель, срок выполнения, значимость и достижимость. Во время собеседования руководителю обязательно необходимо одобрить выбранные сотрудником цели и согласовать их.

По истечению срока поставленных целей проводится повторное оценочное интервью, во время которого подводятся итоги работы за выбранный период, происходят непосредственные диалоги о проделанной работе и повторно обсуждаются вопросы, касающиеся деятельности сотрудника. Во время проведения такого собеседования руководитель и работник обсуждают результаты, достигнутые работником за отчетный период; компетенции работника включая факты, подтверждающие их наличие или отсутствие; факторы, повлиявшие на достигнутые результаты и рабочее поведение. Итоговая оценка складывается из оценки корпоративных и профессиональных компетенций, делового поведения и достигнутых результатов и позволяет определить, насколько сотрудник достиг целей, развил навыки и умения.

Несмотря на многие положительные качества, которыми обладает система оценки персонала, используемая в ООО ПФ «СТИС», имеются недостатки, которые препятствуют достижению основных целей системы оценки: оценить соответствие уровня труда, качеств и потенциала сотрудника требованиям выполняемой деятельности, а также определить отношение сотрудника к своей работе, выяснить его намерения по развитию.

Выбор методов оценки эффективности работы персонала должен определить результаты работы организации в целом, показатели деятельности людей и характеристики компетенций и потенциала, которые и измеряются инструментами оценки. Кадровый менеджмент сегодня становится полноправным партнером бизнеса, и от него требуется не только внедрения современных средств оценки персонала, но и стратегического подхода к бизнесу в целом

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Кириллова Е.* Оценка 360 градусов: плюсы и минусы. Оценка персонала. URL: <http://www.hr-portal.ru/article/otsenka-360-gradusov-plyusy-i-minusy> (дата обращения: 05.12.2016).
2. *Крушельницка О.В.* Мельничук Д.П. Управление персоналом: Начальное пособие / О.В. Крушельницка, Д.П. Мельничук. М.: «Кондор», 2014. 296 с.
3. *Кязимов К.Г.* Внутрифирменное обучение и развитие персонала. М.: МИК, 2013. 240 с.

## **КАЧЕСТВО БАНКОВСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ: СОВРЕМЕННЫЙ ВЗГЛЯД НА УЛУЧШЕНИЕ СЕРВИСА**

**А.А. Вербицкая, И.В. Иванова**

Научный руководитель – **И.В. Иванова**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
им. П.А. Соловьева

*В статье раскрывается значимость качества обслуживания в поддержании конкурентных преимуществ современного банка. Уделено внимание требованиям к сервису, сегментации клиентов, восприятию к сервису, а также новым изменениям в банковском обслуживании. Отмечен действующий уровень банковского обслуживания в ПАО Сбербанк и приведены основные направления для совершенствования банковского сервиса.*

**Ключевые слова:** банковский продукт, качество банковского обслуживания, оценка качества сервиса.

## **QUALITY OF BANKING SERVICES: A MODERN LOOK AT IMPROVING THE SERVICE**

**A.A. Verbitskaya, I.V. Ivanova**

Scientific Supervisor - **I.V. Ivanova**, Candidate of Technical Sciences,  
Associated Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The article reveals the importance of the quality of service in maintaining the competitive advantages of a modern bank. Attention is paid to the requirements for the service, customer segmentation, perception of the service, as well as new changes in banking services. The current level of banking services in Sberbank PJSC is noted and the main directions for improving the banking service are given.*

**Keywords:** bank, banking product, quality of banking services, service quality assessment.

Управление качеством услуг является актуальной проблемой для любого современного банка, что обусловлено необходимостью развития его конкурентных преимуществ.

Качество сервиса – важнейшая способность банка предоставлять высочайший уровень обслуживания широкому кругу своих клиентов.

Требования к сервису в банковской сфере во многом перекликаются с представлениями о «лучшем сервисе» в целом, однако можно отметить следующие особенности:

1. Профессионализм/ компетентность – приоритетное требование к обслуживанию в банке.
2. Индивидуальный подход – как в части сервиса, так и продуктов
3. Оперативность / возможность связаться с банком по любым вопросам в режиме 24/7.
4. Отлаженность процессов / «командный» подход к обслуживанию.
5. Тщательность и аккуратность.
6. «Технологичность» - широкие возможности «удаленного доступа» / дистанционного управления счетами (при условии соблюдения стандартов информационной безопасности).

Клиенты из различных сегментов испытывают разные эмоциональные переживания при посещениях банков. Клиенты сегментов уровня МВС и выше склонны расценивать обращение в банк как вполне ординарное, эмоционально-нейтральное событие. Им изначально доступен более высокий уровень обслуживания (персональный менеджер, отдельные зоны обслуживания и т.п.). Для клиентов со средним доходом (особенно из «массового» сегмента) обращение в банки/ посещение офисов ассоциативно связано с понятием «стресс», в основе которого неуверенность в собственной компетентности и формальная, «официальная» обстановка.

Несмотря на определенные различия в восприятии банковского обслуживания, «отличный сервис» в банковской сфере начинает восприниматься как должное всеми потребителями. Клиенты всех сегментов становятся более требовательны: ценят индивидуальный подход (в том числе, в части продуктовых предложений), доверие со стороны банка, проявление заинтересованности в сотрудничестве (бонусы и т.п.). Представляя «серьезное» учреждение, персонал банков обычно придерживается излишне «делового» стиля общения, что может восприниматься клиентами как проявление дистанцированности и снобизма.

Комфорт пребывания в банке клиенты связывают, прежде всего, с привлекательным дизайном и эргономичностью помещения – оно должно быть светлым и просторным, с современным интерьером.

Необходимость ожидать своей очереди – наиболее «проблемный» момент. Важно минимизировать неудобства и сделать ожидание комфортным и нескудным.

Оптимизировать обслуживание и сократить время ожидания поможет:

1. «Разведение потоков» посетителей за счет зонирования помещений (в зависимости от цели визита).
2. Предусмотреть возможность предварительной записи, если известно, что для консультации потребуется время (возможно внедрение сервиса с «обратной связью» – подтверждение визита, напоминание и т.п.).

3. Предложить ожидающим в очереди воспользоваться интерактивными сервисами (например, на планшетах) – чтобы самостоятельно узнать о продуктах банка или дистанционно оформить нужный продукт/ услугу.

Для современного банка быть рядом с клиентом – значит, предоставить клиенту возможность управлять услугами и продуктами удаленно (по телефону, через Интернет, мобильный банк и т.п.).

Представители всех сегментов, клиенты Сбербанка и других банков, отмечают очевидные позитивные изменения в Банке в части сервиса.

1. Наиболее заметны изменения, затронувшие офисы банка. Отделения «нового типа» описываются как более просторные и комфортные, с зонированным пространством.

2. Современный привлекательный дизайн интерьера и экстерьера вносит свой вклад в изменение эмоциональной атмосферы в Банке, делая ее более «легкой» и «неформальной».

3. Внедрение электронной очереди позволило «упорядочить» клиентский поток и в определенной степени снизить напряжение клиентов, стоящих в очереди.

4. Появление консультантов-помощников в зонах экспресс-обслуживания упростило процесс пользования банкоматами и терминалами.

5. В штате появилось больше молодых сотрудников.

6. Повысилась скорость обслуживания.

7. Изменилась манера общения с клиентами – консультанты предельно вежливы и терпеливы с посетителями.

Несмотря на позитивное общее впечатление от современного Сбербанка, существуют «функциональные» моменты, над которыми необходимо работать:

1. Упрощение интерфейса банкоматов и терминалов. В настоящий момент интерфейс представляется «перегруженным», что вызывает затруднения – особенно у людей пожилого возраста.

2. Предусмотреть кнопку вызова консультанта у банкомата / терминала в случае возникновения у клиентов затруднений.

3. Добавление в интерьеры офисов элементов, ассоциирующихся с комфортом и уютом – например, живых растений (фито-стена).

Текущее восприятие «сервисной» составляющей Сбербанка позволяет предположить, что банк обладает хорошим потенциалом для того, чтобы оставаться «лучшей сервисной компанией».

Очевидна положительная динамика в части совершенствования клиентского сервиса и связанных с ним процессов.

Многолетний опыт работы дает Сбербанку определенный карт-бланш как компании «с историей», априори заслуживающей доверия.

Офисы нового типа во многом отвечают ожиданиям потребителей относительно «лучшего сервиса».

Основные направления для совершенствования:



1. Персонал – необходимо готовить «новое поколение уверенных в себе людей», способных оперативно и эффективно решать проблемы клиентов.

2. Комфорт – следует обеспечить комфортные условия для всех посетителей.

3. Процессы – нужно совершенствовать навыки работы в команде и стандарты обслуживания, «синхронизировать» информирование клиентов по любым вопросам (от всех сотрудников / во всех каналах обслуживания клиент должен получать одинаковую информацию).

4. Поощрения и бонусы для клиентов – важно при любом обращении превосходить ожидания клиента: делать немного больше/ лучше, опережать установленные сроки, предоставлять скидки и т.п.

5. Развитие экосистемы Сбербанка. Экосистемы позволяют лучше привлекать и удерживать клиентов. Повышая качество сервиса, анализируя современные потребности, добавляя новые услуги в продуктовую линейку, создатели экосистем могут значительно увеличивают свой доход на клиента.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Левин И.И.* Акционерные коммерческие банки в России. М.: Дело, 2017. 346 с.
2. *Коломиец К.Ю.* Банковская система РФ как синергетическая система // В сборнике: Менеджмент предпринимательской деятельности Материалы XVII междунар. науч.-практ. конф. преподавателей, докторантов, аспирантов и студентов. 2019. С. 137-138.
3. *Кузина Т.С.* Значение банковской системы в экономике России // Аллея науки. 2019. Т. 1. № 6 (33). С. 204-209.
4. *Свиридов О.Ю.* Развитие банковских экосистем на основе современных цифровых технологий / О.Ю. Свиридов, Б.С. Бадмаева // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки. 2019. № 3.

## **ПРОГНОЗ ДОЛИ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ В ВОЗРАСТЕ ДО 39 ЛЕТ В ОБЩЕЙ ЧИСЛЕННОСТИ РОССИЙСКИХ ИССЛЕДОВАТЕЛЕЙ ДО 2024 ГОДА**

**Л.С. Витвицкая, А.П. Иванова, А.Н. Савичева**

Научный руководитель – **А.Н. Савичева**, канд. экон. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*В результате исследования была проанализирована доля исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей РФ. В качестве основных факторов, которые влияют на динамику доли исследователей в возрасте до 39 лет, были сформулированы следующие: государственная финансовая поддержка в виде грантов, стипендий и др., отсрочка от военной службы, а также возможное освобождение от нее, и последнее – научная миграция квалифицированных кадров. Данные анализа помогли составить несколько прогнозов с помощью математических моделей методами экстраполяции, простой и скользящей средней, а также методом наименьших квадратов. Итоговые результаты прогноза показали рост доли научных исследователей в возрасте до 39 лет в пределах 44-44,1 значений.*

***Ключевые слова:** молодые исследователи, гранты, стипендии, научная миграция квалифицированных кадров, макроэкономическое прогнозирование.*

## **FORECAST OF THE SHARE OF RESEARCHERS UNDER THE AGE OF 39 IN THE TOTAL NUMBER OF RUSSIAN RESEARCHERS UNTIL 2024**

**L.S. Vitvitskay, A.P. Ivanova, A.N. Savicheva**

Scientific Supervisor - **A.N. Savicheva**, Candidate of Economic  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavsky State Technical University

*As a result of the study, the share of researchers under the age of 39 in the total number of researchers in the Russian Federation was analyzed. The main factors that affect the dynamics of the share of researchers under the age of 39 were formulated as follows: state financial support in the form of grants, scholarships, etc., deferral from military service, as well as possible exemption from it, and last – scientific migration of qualified personnel. The analysis data helped to make several forecasts using mathematical models using extrapolation.*

*tion, simple and moving average methods, as well as the least squares method. The final results of the forecast showed an increase in the share of researchers under the age of 39 in the range of 44-44. 1 values.*

**Keywords:** *young researchers, grants, scholarships, scientific migration of qualified personnel, macroeconomic forecasting.*

Кадровый потенциал является одним из важнейших инструментов решения задач, заложенных в ключевых программных документах научно-технологического развития РФ, и главным элементом научно-исследовательского ресурса государства. Основу кадрового потенциала составляют исследователи, занятые в научно-технологической сфере, в т.ч. молодые ученые. Несмотря на то, что в последние годы Правительством России уделяется значительное внимание развитию механизмов поддержки и привлечения молодых ученых в сферу науки, наблюдается сокращение их численности, в частности среди исследователей до 29 лет.

Понятие молодой ученый закреплено в Основах государственной молодежной политики РФ. В данном документе указано, что молодой ученый – это «работник образовательной или научной организации, имеющий ученую степень кандидата наук в возрасте до 35 лет или ученую степень доктора наук в возрасте до 40 лет либо являющийся аспирантом, исследователем или преподавателем образовательной организации высшего образования без ученой степени в возрасте до 30 лет» [1].

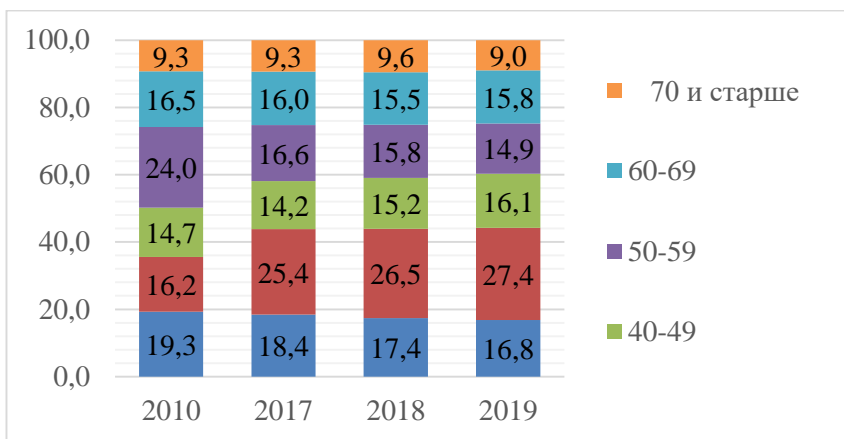
На основе данных формы федерального статистического наблюдения № 2-наука Росстатом рассчитывается показатель "Доля исследователей в возрасте до 39 лет (включительно) в общей численности исследователей".

В данной работе проведен анализ статистики по данному показателю в период с 2010 по 2019 года, что является достаточным для прогнозирования до 2024 года. Данные по численности исследователей по возрастным группам представлены в таблице 1. По отношению к 2010 году общее число исследователей уменьшилось на 5,6 %. В то же время отмечается тенденции роста численности молодых ученых. Так, численность исследователей в возрасте от 30 до 39 лет за период 2010-2019 года увеличилась в 1,6 раза, а их удельный вес в общей численности исследователей вырос с 16,2 до 27,4 %, что видно на рисунке 1. В целом доля возрастной группы до 39 лет сохраняется на уровне 2017 г. – 44 %.

Доля исследователей до 39 лет с каждым годом в указанном периоде увеличивается в стране и в большинстве федеральных округов. Общий анализ суммарной численности научных исследователей говорит о незначительных изменениях: рост происходит в основном за счет групп 30-39 лет и 40-49 лет. В последние годы сдвиги все незначительнее, для точного прогноза необходимо выявить факторы, влияющие на долю исследователей в возрасте до 39 лет.

**Таблица 1. Исследователи по возрастным группам**

Возрастная группа	2010	2017	2018	2019	Темп прироста, %		
					2019 к 2010	2019 к 2017	2019 к 2018
Всего	368915	359793	347854	348221	-5,6	-3,2	+0,1
до 29 (вкл-но)	71194	66376	60634	58537	-17,8	-11,8	-3,5
30-39	59910	91429	92109	95527	+59,5	+4,5	+3,7
40-49	54113	51149	52801	55939	+3,4	+9,4	+5,9
50-59	88362	59893	54832	52004	-41,1	-13,2	-5,2
60-69	60997	57414	54077	54909	-10,0	-4,4	1,5
70 и старше	34339	33532	33401	31305	-8,8	-6,6	-6,3



**Рис. 1. Возрастная структура исследователей (%)**

В настоящее время молодым ученым оказывается поддержка на государственном уровне в виде грантов, премий и стипендий Президента РФ, а также со стороны научных фондов (РНФ, РФФИ, ФСИ, Фонда «Сколково» и др.). Наблюдаемые позитивные сдвиги в численности молодых ученых в последние годы, происходят, в том числе, благодаря мерам государства в научно-технической сфере, направленным на их привлечение и поддержку.

Таким образом, основным фактором, влияющим на динамику доли молодых исследователей, является финансовый фактор. Поэтому, рассмотренные

выше инструменты финансовой поддержки играют важную роль в научно-технологической сфере. Кроме того, участие в конкурсах на получение грантов и стипендий не только дает возможность получить дополнительное финансирование для проведения исследований, но и позволяет расширить связи и наладить контакты в научном сообществе.

Необходимо учитывать, что материальный фактор не является единственным для молодых выпускников вузов при принятии решений о начале научной карьеры. Для некоторых выпускников вузов, приходящих в науку, работа в научных организациях представляет собой один из путей освобождения от службы в армии. В нашей стране принят и действует ряд законов и законодательных актов, дающих право на отсрочку от призыва в армию для граждан, обучающиеся по очной форме обучения в образовательных организациях и научных организациях имеющим государственную аккредитацию в период освоения указанных образовательных программ, но не свыше установленных федеральными ГОСТами сроков получения высшего образования и на время защиты ВКР (диссертации), но не более года после завершения обучения по соответствующей образовательной программе высшего образования (ФЗ от 28.03.1998 № 53-ФЗ). Следует отметить, что в соответствии со ст. 23 Закона о воинской обязанности и военной службе граждане, имеющие ученую степень, имеют право на освобождение от призыва. [2]

Это еще один из факторов, привлекающий молодых исследователей. Несмотря на это, в последние годы наблюдается устойчивый отток из науки исследователей перспективной группы в возрасте до 29 лет. Поэтому рассмотрим дополнительный фактор, который может повлиять на численность и долю молодых исследователей до 39 лет - научная миграция. Внимание к исследованию научной миграции привлекло явление утечки мозгов.

Исследование научной миграции является чрезвычайно актуальной проблемой для России. Главный ученый секретарь президиума РАН Николай Долгушкин утверждает, что ситуация осложняется продолжающейся и даже возросшей в последние годы утечкой человеческого капитала [3]. При этом за 1992–2016 гг. в Россию переехало более 9,1 млн мигрантов, но высшее или незаконченное высшее образование из них имели 13–17 % (среди россиян доля таких людей – 28 %) [4].

Получить более точные сведения государственной статистики об иммиграции высококвалифицированных научных кадров представляется затруднительным. Тем не менее, можно сделать вывод о значимости данного фактора на влияние доли молодых исследователей. Таким образом, это является третьим фактором, помимо финансовой поддержки, отсрочки и освобождения от обязательной военной службы, влияющим на долю молодых исследователей.

Построение модели прогноза требует проработки проблем, связанных с разработкой прогнозов изменения численности и структуры научных кадров. Технические трудности разработки прогноза обусловлены неполнотой статистической информации о движении, возрастной структуре работников науки,

отсутствием в отчетности показателей, важных не только для мониторинга, но и для принятия решений (например, приток в науку исследователей из числа выпускников вузов, стартовая величина заработной платы молодых исследователей).

В данной работе рассматривается приток в науку в младшую возрастную группу (до 39 лет), что соответствует действительности (см. рисунок 1). При проведении расчетов есть условие, что в течение периода прогнозирования не будет происходить принудительного сокращения научных кадров.

Рассмотрим прогноз на основе линейной модели экстраполяции, когда прогнозные величины определяются на основе среднего прироста (снижения) исследуемого показателя за определенный период времени.

Прогнозные величины при среднем темпе прироста будут равны:

$$2020 \text{ год} = 44,2 + 0,967 = 45,167$$

$$2021 \text{ год} = 45,167 + 0,967 = 46,133$$

$$2022 \text{ год} = 46,133 + 0,967 = 47,1$$

$$2023 \text{ год} = 47,1 + 0,967 = 48,067$$

$$2024 \text{ год} = 48,067 + 0,967 = 49,033$$

Отслеживается постоянный прирост доли молодых исследователей. Если использовать модель простой средней по 10 точкам, то наблюдаться будет также рост доли молодых исследований.

Для расчета прогнозного значения по модели скользящего среднего необходимо сначала определить величину интервала сглаживания, в данном расчете равная 3 ( $n = 3$ ). Рассчитана скользящая средняя для трех периодов:

$$m_{2011} = (Y_{2010} + Y_{2011} + Y_{2012}) / 3 = (35,5 + 37,5 + 38,6) / 3 = 37,2.$$

Далее рассчитаны  $m$  для следующих трех периодов 2011, 2012, 2013 г.

$$m_{2012} = (Y_{2011} + Y_{2012} + Y_{2013}) / 3 = (37,5 + 38,6 + 40,3) / 3 = 38,8.$$

Далее по аналогии рассчитаны  $m$  для каждого трех рядом стоящих периодов.

Рассчитав скользящую среднюю для всех периодов, сделан прогноз на ноябрь по формуле:

$$y_{t+1} = m_{t-1} + \frac{1}{n} \cdot (y_t - y_{t-1}), \text{ если } n = 3, \quad (1)$$

где:  $t + 1$  – прогнозный период;

$t$  – период, предшествующий прогнозному периоду;

$Y_{t+1}$  – прогнозируемый показатель;

$m_{t-1}$  – скользящая средняя за два периода до прогнозного;

$n$  – число уровней, входящих в интервал сглаживания;

$Y_t$  – фактическое значение исследуемого явления за предшествующий период;

$Y_{t-1}$  – фактическое значение исследуемого явления за два периода, предшествующих прогнозному.

$$B_{2020} = 44 + 1/3 (44,2 - 43,9) = 44 - 0,1 = 44,1$$

Скользкая средняя  $m$  для 2020 года:  $m_{2020} = (43,9+44,2+44,1) / 3 = 44,067$ . Прогноз на 2021 =  $44,067 + 1/3 (44,1 - 44,2) = 44,033$

Скользкую среднюю  $m$  для 2021 г.:  $m_{2021} = (44,2+44,1+44,033) / 3 = 44,111$ . Прогноз на 2022 =  $44,111 + 1/3 (44,033 - 44,1) = 44,089$

Далее по аналогии прогноз на 2023-2024 гг.

$$m_{2022} = (44,1+44,033+44,089) / 3 = 44,074$$

$$\text{Прогноз на 2023} = 44,074 + 1/3 (44,089 - 44,033) = 44,093$$

$$m_{2023} = (44,033+44,089+44,093) / 3 = 44,0716$$

$$\text{Прогноз на 2024} = 44,0716 + 1/3 (44,089 - 44,033) = 44,073$$

Рассчитана средняя относительная ошибка по формуле:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left[ \frac{|y_{\phi} - y_p|}{y_{\phi}} \cdot 100 \right] \quad (2)$$

$\varepsilon = 4,15/8 = 0,52 \% < 10\%$  - *точность прогноза* высокая.

В моделях простой средней и скользящего среднего прогнозные значения показывают меньший прирост доли исследователей до 39 лет в общей численности по сравнению с моделью линейной экстраполяции.

Третья используемая модель для прогноза доли молодых исследователей будет регрессионная, коэффициенты регрессии определяются по методу наименьших квадратов. Рабочая формула метода наименьших квадратов:

$$Y_{t+1} = a \cdot X + b, \quad (3)$$

где:  $t + 1$  – прогнозный период;

$Y_{t+1}$  – прогнозируемый показатель;

$a$  и  $b$  - коэффициенты;

$X$  - условное обозначение времени.

Определено условное обозначение времени как последовательную нумерацию периодов базы прогноза (графа 3). Расчетные значения ряда  $Y_p$  рассчитаны по рабочей формуле.

$$a = [385 - (55 \cdot 411,4)/10] / [385 - 55^2/10] = 0,5406$$

$$b = 411,4/10 - (0,540606) \cdot 55/10 = 38,1667$$

Можно рассчитать прогнозное значение доли исследователей до 39 лет в общей численности на 2020-2024 гг.:

$$Y_{2020} = 38,1667 + 11 \cdot 0,540606 = 44,113$$

$$Y_{2021} = 38,1667 + 12 \cdot 0,540606 = 44,654$$

$$Y_{2022} = 38,1667 + 13 \cdot 0,540606 = 45,195$$

$$Y_{2023} = 38,1667 + 14 \cdot 0,540606 = 45,735$$

$$Y_{2024} = 38,1667 + 15 \cdot 0,540606 = 46,276$$

Рассчитана средняя относительная ошибка для данной модели:

$\varepsilon = 21,08/10 = 3,12 \% < 10\%$  - *точность прогноза* высокая.

Сравнивая результаты, полученные при расчетах по модели простой и скользящей средней, а также регрессионной модели, можно сказать, что в последних точность прогноза является наиболее высокой, поскольку средняя относительная ошибка менее 10 %. Но модель скользящего среднего позволила получить более достоверные результаты, так как расчетная относительная ошибка наименьшая. Прогноз до 2024 - рост доли исследователей в возрасте до 39 лет в общей численности исследователей РФ в пределах 44-44,1.

Таким образом, улучшение финансирования исследований и разработок позволило уменьшить текучесть исследователей молодых возрастных групп и тем самым снизить средний возраст исследователей. Однако, прогноз показал очень незначительный рост, поэтому считается целесообразным придание более широкое распространение и повешение узнаваемости всех мер государственной поддержки. Вместе с тем следует подчеркнуть, что с каждым годом повышается интенсивность оттока из науки высококвалифицированных специалистов старших возрастных групп, что также требует изучения и анализа.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Распоряжение Правительства РФ от 29.11.2014 № 2403-р «Об утверждении Основ государственной молодежной политики РФ на период до 2025 года» // СПС «КонсультантПлюс». URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_171835/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_171835/) (дата обращения 18.11.2020).
2. Федеральный закон от 28.03.1998 N 53-ФЗ (ред. от 15.10.2020) "О воинской обязанности и военной службе".
3. *Звездина П.Г.* В РАН заявили о возросшей в два раза за три года «утечке мозгов. URL: <https://www.rbc.ru/society/29/03/2018/5abcc9f59a7947e576977387> (дата обращения 14.11.2020).
4. «Утечка мозгов» из России усилилась. URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2018/01/23/748694-utechka-mozgov> (дата обращения 15.11.2020).



## ОЦЕНКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРАВНИТЕЛЬНОГО ПОДХОДА

**М.В. Волкодав, К.В. Зими́на, В.Д. Сухов**

Научный руководитель – **В.Д. Сухов**, канд. хим. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются особенности применения модели GE/McKinsey стратегического планирования производственной деятельности ООО «Ярославский пигмент»; рассчитаны параметры конкурентоспособности сегментов рынка; разработана матрица GE/McKinsey для промышленного предприятия.*

**Ключевые слова:** стратегическое планирование, привлекательность рынка, конгруэнтность, матрица GE/McKinsey.

## ASSESSMENT OF THE COMPETITIVENESS OF AN INDUSTRIAL ENTERPRISE USING A COMPARATIVE APPROACH

**M.V. Volkodav, K.V. Zimina, V.D. Sukhov**

Scientific Supervisor – **V.D. Sukhov**, Candidate of Chemical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The features of the application of the GE/McKinsey model of strategic planning of production activities of LLC "Yaroslavl Pigment" are considered; the parameters of the competitiveness of market segments are calculated; the GE/McKinsey matrix for an industrial enterprise is developed.*

**Keywords:** strategic planning, market attractiveness, congruence, GE/McKinsey matrix.

Предприятие ООО «Ярославский пигмент» способно увеличить объем производства железистоокисных пигментов (ЖП) различных цветов. Расширение производства ЖП в рамках работы по импортозамещению [1] поможет ему решить проблему предприятий в обеспечении сырьем.

На данный момент выделяют три основных направления применения ЖП – это изготовление лакокрасочных материалов (18 %), строительных цветных материалов (45 %), и производства пластмасс (18 %).

В связи с этим целью работы явилось оценить производственный потенциал роста объемов выпускаемых железоокисных пигментов, их конкурентоспособность на текущем рынке, перспективы сбыта продукции с применением модели GE/McKinsey [2,3]. Для проведения данного исследования необходимо выполнить следующие этапы.

Этап 1. Выбор критериев конкурентоспособности железоокисных пигментов. Данные критерии должны позволить сделать оценку силы бренда пигментов и самого предприятия, дать оценку степени внутриотраслевой конкуренции. (Физико-химические свойства; по качеству и цене ЖП в полной мере удовлетворяет требованиям потребителей; имидж предприятия, и его продукции; возможность быстрой адаптации предприятия к изменениям, происходящим на рынке и т.д.) Итоговая оценка по сегменту получилась следующая: 1 – 6,87, 2 – 8,04, 3 – 4,17 баллов.

Этап 2. Выбор критериев привлекательности сегмента рынка ЖП производился аналогично выбору критерием конкурентоспособности. Эти критерии включают в себя вероятность получения высокой прибыли, роста спроса на продукцию, и тенденции развития рынка. Итоговая оценка по сегменту получилась следующая: 1 – 8,24; 2 – 4,98; 3 – 3,41 баллов.

Этап 3. Оценка привлекательности и конкурентоспособности. В работе было выбрано три сегмента: сегмент 1 по реализации ЖП производителям лакокрасочных материалов, сегмент 2 по реализации ЖП в строительные материалы и сегмент 3 по реализации ЖП в изделия из пластмасс.

Оценка привлекательности и конкурентоспособности сегментов осуществляется экспертами ООО «Ярославский пигмент» методом мозгового штурма путем присвоения каждому из них определенной величины баллов в пределах от 1 до 10.

Этап 4. Рассчитанные значения общих баллов (вес фактора \* оценку фактора) конкурентоспособности и привлекательности сегментов ЖП.

Этап 5. Построение матрицы GE/McKinsey (рис.1) осуществляется на основании расчетных величин конкурентоспособности и привлекательности. Согласно методике принято эти показатели интерпретировать по следующей числовой шкале: от 0-3 баллов - низкая; от 4-7 баллов - средняя; от 8-10 баллов - высокая.

<b>Привлекательность</b>	Высокая		<b>Сегмент 1</b>	
	Средняя			<b>Сегмент 2</b>
	Низкая		<b>Сегмент 3</b>	
	Низкая	Средняя	Высокая	
<b>Конкурентоспособность</b>				

**Рис. 1. Матрица GE/McKinsey**

Этап 6. определяет направления дальнейшего развития бизнеса.

В сегменте 1 целесообразно осуществлять такие направления, как:

- усилие в продвижении конкурентных преимуществ продукции;
- четкое определение источников роста сегмента;
- выстраивание эффективной конкурентной политики предприятия.

В сегменте 2:

- поддержание достигнутого потенциала и высокого уровня контроля;
- формирование лояльной потребительской базы;
- ограничение стоимости выпускаемой продукции;
- эффективная защита своих конкурентных преимуществ.

В сегменте 3 целесообразно сконцентрировать усилия предприятия на сохранении текущего уровня цен и продаж продукции.

Таким образом, на основании проведенного исследования можно сделать вывод, что ООО «Ярославский пигмент» необходимо сосредоточить свои основные усилия на деятельности в рыночных сегментах 1 и 2. Такая работа позволит защитить свои конкурентные преимущества и повысить привлекательность выпускаемой продукции.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бархатова А.А.* Повышение эффективности деятельности ООО «Ярославский пигмент» / А.А. Бархатова, Я.Д. Чистякова, В.Д. Сухов // Наука сегодня: факты, тенденции, прогнозы. Материалы международной научно-практической конференции, г. Вологда, 24 июня 2020 г. Вологда: ООО «Маркер», 2020. 88 с.
2. *Ламбен Ж.-Ж.* Менеджмент, ориентированный на рынок / Ж.-Ж. Ламбен, Р. Чумпигас, И. Шулинг. Изд. СПб. 2014. 718 с.
3. *Киселев А.А.* Основы теории менеджмента / А.А. Киселев, В.Д. Сухов, А.И. Сазонов. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2018. 292 с.

## **ТЕРРИТОРИАЛЬНО ГЕНЕРИРУЮЩИЕ КОМПАНИИ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ**

**М.И. Володкина, М.А. Угрюмова, А.С. Угрюмов**

Научный руководитель – **М.А. Угрюмова**, канд. экон. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Пандемия оказала сильное влияние на энергетический сектор, которое может быть оценено как положительно, так и отрицательно.*

**Ключевые слова:** *коронавирус, теплоэнергия, ЖКХ, пандемия, финансы.*

## **TERRITORIAL GENERATING COMPANIES IN THE CONTEXT OF A PANDEMIC**

**M.I. Volodkina, M.A. Ygryumova, A.S. Ygryumov**

Scientific Supervisor – **M.A. Ygryumova**, Candidate of Economic  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The pandemic has had a strong impact on the energy sector, which can be assessed both positively and negatively. Investment financing is a tool that attracts additional resources in order to increase the profitability of the enterprise.*

**Keywords:** *coronavirus, heat energy, housing and utilities, pandemic, finance.*

От развития ТЭК во многом зависит динамика, масштабы и технико-экономические показатели общественного производства, в первую очередь - промышленности. Вместе с тем приближение к источникам топлива и энергии - одно из основных требований территориальной организации промышленности. Массовые и эффективные топливно-энергетические ресурсы служат основой формирования многих территориально-производственных комплексов, в том числе промышленных, определяя их специализацию на энергоёмких производствах. С точки зрения народного хозяйства, размещение ресурсов по территории неблагоприятно. Главные потребители энергии находятся в европейской части РФ, а 80 % геологических запасов топливных ресурсов сосредоточено в восточных районах России, что обуславливает дальность перевозок и, в связи с этим, увеличение себестоимости продукции.

Топливо-энергетический комплекс имеет большую районообразующую функцию: вблизи энергетических источников развивается мощная инфраструктура, благоприятно способствующая формированию промышленности, росту городов и посёлков. Но, на долю ТЭКа приходится около 90 % выбросов парниковых газов, около половины всех вредных выбросов в атмосферу и треть вредных веществ, сбрасываемых в воду, что, бесспорно, не может быть положительным [4].

Для ТЭК характерно наличие развитой производственной инфраструктуры в виде магистральных трубопроводов (для транспортировки нефти и нефтепродуктов, природного газа, угля) и высоковольтных линий электропередачи. ТЭК связан со всеми отраслями народного хозяйства, он использует продукцию машиностроения, металлургии, связан с транспортным комплексом. На его развитие расходуется почти 30 % денежных средств, 30 % всей промышленной продукции дают отрасли ТЭКа.

С ТЭК напрямую связано благосостояние всех граждан России, такие проблемы и безработица и инфляция, ведь в сфере ТЭК более 200 крупных компаний и более 2 млн человек занято в его отраслях [1].

Пандемия, вызванная вирусом COVID-19 оказала беспрецедентное разрушительное воздействие на весь мир и нанесла колоссальный урон экономике многих странах. Многие страны ввели жесткие карантинные меры, чтобы предотвратить стремительное заражение населения вирусом COVID-19. Это оказало сильное и многостороннее воздействие на экономику и окружающую среду. [5] Период восстановления будет иметь еще более глубокое и продолжительное воздействие, поскольку все правительства нацелены на то, чтобы возродить экономику в более устойчивом виде по отношению к таким потрясениям. Среди бизнеса и населения также повысился уровень сознательности при принятии решений – количество поездок сократилось и, возможно, уже не вернется к предыдущему уровню, поскольку бизнес смог перевести встречи в онлайн-формат видеоконференций [1]. Граждане также изменили свои привычки в отношении путешествий, выбирая менее популярные и перегруженные направления и придерживаясь более устойчивого транспорта, например, велосипеды. Актуальность данного исследования заключается в том, что весь мир заинтересован в преодолении данного кризиса и уже применяет новые модели ведения деятельности, чтобы превратить данный кризис в возможность для построения более устойчивой экономики.

Рост спроса на тепловую энергию из-за пребывания людей дома вряд ли случится – в отличие от Европы, в России жилой фонд состоит в основном из многоквартирных домов, получающих тепловую энергию от централизованных источников. Такая система изначально слабо приспособлена к регулированию потребления тепловой энергии в зависимости от пожеланий жильцов конкретной квартиры, - поэтому "пустая" квартира потребляет столько же тепла, сколько и "перенаселенная".[3]

В структуре производства электроэнергии в России вряд ли произойдут существенные изменения: в энергобалансе в целом доминирует природный газ, цена на который регулируется государством. В энергосистеме Сибири возможен эффект увеличения доли ВИЭ (крупных ГЭС) по мере снижения спроса – но, как упоминалось выше, пока спрос не уменьшился.[4]

Влияние на цены электроэнергии в России не столь существенно, как в Европе. Цены на свободном оптовом рынке снижаются - по данным "Администратора торговой системы" (АТС), цены с поставкой 7 апреля снизились на 20,1 % в первой ценовой зоне (Европейская часть России и Урал) и во второй ценовой зоне (Сибирь) - на 7,3 % по сравнению с прошлым годом (в то время, как в Европе цены в течение 1 квартала 2020 г. упали более чем вдвое). При этом в России влияние произошедшего снижения на цену электроэнергии для конечного потребителя ограничено:

- в структуре цены электроэнергии для конечного потребителя велика (до 50 %) доля оплаты за мощность, услуг по передаче и распределению электроэнергии, а также надбавок, связанных с инвестиционной деятельностью энергокомпаний (договорами о предоставлении мощности, ДПМ) и не зависящих от спроса на электроэнергию;

- цены электроэнергии для населения и тарифы на передачу электроэнергии регулируются государством.

Кроме того, цены на основной энергоресурс для производства электроэнергии и тепловой энергии в России – природный газ также регулируются государством, а доля свободной закупки на бирже незначительна.

Основная угроза как операционной, так и инвестиционной деятельности энергокомпаний – риск резкого снижения выручки, причем не столько из-за снижения потребления электроэнергии, сколько из-за роста неплатежей, обусловленных падением доходов у бизнеса и населения и ограниченной возможностью применять санкции к неплательщикам.[2]

Правительство РФ 2 апреля 2020 г. приняло Постановление № 424, освобождающее часть потребителей коммунальных услуг (в том числе электроэнергии и тепловой энергии) от штрафов за просрочку платежей до конца 2020 г. Поскольку эту меру предлагается применять без адресного подхода к каждому потребителю, она может быть воспринята широкими группами клиентов энергокомпаний как сигнал о допустимости полной приостановки платежей за электрическую и тепловую энергию. В этом случае можно ожидать резкого роста задолженности, которая по состоянию на декабрь 2019 г. только на оптовом рынке достигала 76,5 млрд руб.

В первую половину апреля 2020 г. несколько энергокомпаний заявили о подтверждении этого предположения. Компания «МОЭК» сообщила об ухудшении платежной дисциплины по всем группам потребителей, по некоторым из них – до 50 %. По данным ПАО «Т Плюс», собираемость с потребителей по счетам за электрическую и тепловую энергию снизилась в целом по компании на 46 %. «Сибирская генерирующая компания» оценивает падение платежей за

тепловую энергию по отдельным группам потребителей до 40 % (кроме населения). По оценке ассоциации «Совет производителей энергии», платежи за коммунальные услуги электро- и теплоснабжения только во втором квартале 2020 года могут снизиться до 20 % от начислений, а за весь год в целом – до 50 %. Возможно, здесь сыграла роль аномально теплая зима (по данным Росгидромета, 2019 г. стал рекордно теплым годом в России за всю историю наблюдений), но рост неплатежей создает долгосрочную угрозу.[1]

21 апреля руководители крупнейших российских энергокомпаний ("ИНТЕР РАО", "Газпром энергохолдинг", "Росэнергоатом", "СУЭК", "Фортум", "Т Плюс", "Юнипро", "Квадра") в письме к вице-преьерам Правительства РФ подчеркнули, что считают недопущение кризиса неплатежей "главным направлением госполитики в сфере энергетики и ЖКХ". Среди предлагаемых ими мер - сокращение срока действия "штрафных каникул", переход к адресной поддержке потребителей со стороны государства, государственная поддержка энергокомпаний в связи с кассовыми разрывами и выпадающими доходами, создание специализированного государственного фонда по работе с долгами потребителей перед энергокомпаниями и предприятиями ЖКХ.

Долгосрочные последствия коронакризиса для российской электроэнергетики могут оказаться очень серьезными. В инвестиционной деятельности в электроэнергетике и теплоснабжении точно потребуются серьезные изменения. Все имеющиеся масштабные долгосрочные инвестиционные программы (ДПМ, ДПМ-ВИЭ, КОММод, инвестпрограммы сетевых компаний, программы строительства и модернизации генерации на Дальнем Востоке и т.д.) планировались исходя из устойчивого роста спроса на электроэнергию и экономического роста в 1-3 % в год. На эти показатели ориентированы и сроки ввода новых энергообъектов, и механизмы возврата инвестиций энергокомпаниям. В новых условиях сохранение инвестпрограмм в первоначальном виде может привести к чрезмерной нагрузке на потребителей электроэнергии и росту цен выше инфляции, что противоречит политике государства, направленной на сдерживание цен на электроэнергию и поддержку экономики в условиях коронакризиса.

Пересмотр инвестпрограмм и отдельных проектов, находящихся в развитых стадиях реализации (строительство, поставка оборудования, пусконаладка), создаст угрозу потери сделанных инвестиций для энергокомпаний, их кредиторов и подрядчиков.

В случае, если сокращение инвестпрограмм не поможет энергокомпаниям компенсировать падение выручки, вероятным становится даже "оптимизация" ремонтных программ. Эта проблема особенно актуальна и опасна для небольших теплоснабжающих организаций, - состояние их финансов и активов и до коронакризиса было нестабильным. Риск учащения аварийных ситуаций в системах теплоснабжения в небольших го родах зимой 2020/2021 г. становится все более реальным.

В более долгосрочной перспективе в России, где (в отличие от Евросоюза) ключевым приоритетом государственной энергополитики является не декарбонизация, а ограничение темпов роста цены на электроэнергию темпом инфляции, существенных изменений в энергобалансе пока не предвидится, и вероятным сценарием становится просто сокращение инвестпрограмм большинства энергокомпаний в условиях падения выручки и роста неплатежей.

Накопленный объем дебиторской задолженности за тепловую энергию в РФ с начала года к 1 марта вырос на 29 % — до 269,9 миллиарда рублей, следует из справки "Совета производителей энергии", с которой ознакомилось РИА Новости. На 1 января текущего года долги составляли 209,2 миллиарда рублей, на 1 февраля — уже 237,9 миллиарда.[1]

"Несмотря на более значительное снижение уровня оплаты и накопление неоплаченной задолженности по сравнению с аналогичными периодами прошлых лет, динамика ДЗ (дебиторской задолженности — ред.) в целом соответствует тренду сезонного характера", — отмечает "Совет производителей энергии".

"По данным оперативного отчета, за период с 1 по 28 февраля 2021 года по сравнению с аналогичным периодом прошлого года относительное изменение уровня оплаты за тепловую энергию в целом по РФ составило: минус 5,2 % к уровню сборов 2020 года", — говорится в справке. За первые два месяца 2021 года уровень оплаты снизили жилищные организации (на 12,9 %), население (на 5,5 %), теплоснабжающие организации (перепродавцы) — на 8,3 %, прочие потребители (мелкий бизнес, встроенные в многоквартирные дома помещения) — также на 8,3 %.[1]

Наибольшее снижение уровня оплаты тепла показали управляющие компании, население и бюджетные потребители в Чукотском автономном округе (минус 57,1 %), Псковской области (минус 15,9 %), Якутии (минус 14,5 %) и Оренбургской области (минус 14,3 %).

Ассоциация "Совет производителей электроэнергии" основана в 2008 году, объединяет интересы крупных тепловых и атомных генерирующих компаний России (77 % установленной мощности единой энергосистемы России, или 187 ГВт).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Центр энергетики Московской школы управления СКОЛКОВО. URL: <https://energy.skolkovo.ru/ru/senec/>
2. *Априжевский А.А.* Энергосбережение и энергетический менеджмент: учеб. пособие. Минск : Выш. шк., 2005. 325 с.
3. *Ключок Д.И.* О некоторых вопросах экономного и эффективного использования топливно-энергетических ресурсов // Энергоэффективность. 2005. № 9. С. 7-11.
4. *Лакметкина Н.И.* Инвестиционная стратегия предприятия: учеб. пособие. 6-е изд., стер. М. : КНОРУС, 2019. 230 с.



## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКИХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Е.С. Дудкина, Т.Н. Несиоловская**

Научный руководитель – **Т.Н. Несиоловская**, д-р техн. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается возможность разработки комплексного применения методических подходов к оценке эффективности логистической системы.*

**Ключевые слова:** логистическая система, эффективность логистической системы, оценка эффективности логистической системы.

## **IMPROVEMENT OF METHODOLOGICAL APPROACHES TO ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF THE ENTERPRISE LOGISTICS SYSTEM**

**E.S. Dudkina, T.N. Nesiolovskaya**

Scientific Supervisor - **T.N. Nesiolovskaya**, Doctor of Technical Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The possibility of developing an integrated application of methodological approaches to assessing the effectiveness of the logistics system is being considered.*

**Keywords:** logistics system, efficiency of the logistics system, assessment of the efficiency of the logistics system.

В условиях турбулентных изменений 2020 г., обусловленных пандемией коронавируса, отмечается снижение объема перевозок, что негативно влияет на деятельность транспортных предприятий. В таких нестабильных условиях возникает необходимость оперативного реагирования на внутренние и внешние изменения, с целью сохранения своих конкурентных преимуществ. Для транспортных предприятий основную часть прибыли приносят их логистические системы. От того насколько эффективно они функционируют напрямую зависит успешность предприятия на рынке транспортных услуг. Таким обра-

зом, возникает необходимость своевременной и точной оценки эффективности логистической системы предприятия.

Однако на сегодняшний день не существует общепринятых методов, которые позволили бы точно оценить эффективность логистической системы. По этой причине каждое предприятие самостоятельно выбирает способ оценки эффективности работы своей логистической системы.

Существует несколько общепризнанных методов оценки эффективности логистической системы. Но по отдельности каждый из них не дает возможности получить достаточно данных, для принятия объективных решений. В результате применения только одного из методов, аналитики видят лишь часть проблем, имеющих место в логистической системе предприятия [1]. К наиболее распространенным методам, имеющим широкое применение, можно отнести:

- метод затрат;
- метод продуктивности;
- метод сервиса.

Любой из них, предполагает сравнение результатов деятельности того или иного направления логистики с намеченными ранее целями и анализ затрат, продуктивности или сервиса [2].

Метод затрат основан на установлении фирмой стоимостного критерия для каждой отдельно взятой логистической функции изучаемой организации. В процессе сравнения затрат в комплексе и по всем направлениям в соответствии со стоимостными критериями и поставленными целями определяется расхождение по конечным результатам. Каждая логистическая операция непременно сопровождается издержками. Прохождению каждой логистической операции сопутствуют затраты, которые несут конкретные элементы логистической системы.

Оценка эффективности логистической системы может быть проведена посредством сопоставления прибыли и, затрат, которые возникают в цепи поставок. В качестве критерия может быть использован показатель рентабельности. Изменение рентабельности в результате прямого снижения логистических затрат, либо перераспределения условно-постоянных расходов, дает четкое представление о динамике эффективности. Для расчета рентабельности логистических затрат может быть применена формула 1, предложенная А.А. Яшиным:

$$R_{\text{ЛЗ}} = \frac{\Pi}{\sum_{i=1}^n Z_{\text{лог}}} \quad (1)$$

где  $R_{\text{ЛЗ}}$  – рентабельность логистических затрат;  $\Pi$  – общая прибыль;  $Z_{\text{лог}}$  – затраты на логистические операции в функциональных областях;  $n$  – рассматриваемое количество видов логистических затрат.

Анализ рентабельности логистических затрат показал, что расходы на услуги сторонних организаций, относящихся к основной деятельности предприятия, обладают самым низким уровнем рентабельности. Как видно из результата, показатель рентабельности логистических затрат не позволяет увидеть, насколько повысится эффективность затрат логистической системы при различных изменениях и нововведениях, поскольку он учитывает только существующие на данный момент логистические затраты. Однако он позволяет выделить область, с которой следует начать исследование.

Суть метода продуктивности заключается в оценке эффективности деятельности службы логистики. Применяемые для анализа показатели имеют количественный характер и выражаются, как правило, в физических единицах измерения, например, отгрузка продукции в тоннах, выполнение определенного количества заказов, изготовление определенного количества деталей и др. Сравниваются количественные характеристики на «входе» в систему с результатами на «выходе» из нее. В расчет принимаются человеко-часы, которые затрачены на определенное количество работ; количество персонала, участвовавшего в выполнении этих работ; количество единиц техники на конкретном объеме работ, которые были задействованы; используемые площади складских помещений. Оценивается общий объем работ в соотношении к единице продукции. Чем выше показатели, тем ниже считается эффективность логистической системы.

Применение данного метода на исследуемом предприятии позволило заключить, что «слабое» звено логистической системы предприятия находится непосредственно в самой системе, соответственно именно на этой области следует заострить внимание при дальнейшем анализе. Таким образом, исключается необходимость оценки звеньев логистической системы на «входе» и «выходе».

Фактически, логистическая деятельность компании представлена как предоставление логистических услуг разной степени сложности, в таком случае метод сервиса является одним из наиболее показательных.

Качество логистического сервиса можно определить как степень соответствия между ожиданиями потребителей логистических услуг и фактическим уровнем предоставления этих услуг, которое выражается через восприятие набора критериев качества.

Расчет уровня логистического сервиса ( $\Pi$ ) можно произвести по формуле 2 [3]:

$$\Pi = m/M \cdot 100 \% , \quad (2)$$

где  $m$  – количественная оценка теоретически возможного объема логистического сервиса;  $M$  – количественная оценка фактически оказываемого объема логистического сервиса.

Анализ, непосредственно самой логистической системы, на основе данного метода позволил выявить наиболее «слабые» звенья, как, например, время в пути следования, что свидетельствует о необходимости уделить особое внимание контролю за всей цепью поставок.

Как видно из результатов, по отдельности ни один из методов не позволяет с высокой точностью обнаружить «слабое» звено системы. Основываясь на положительных качествах вышеизложенных методов, был разработан алгоритм комплексной оценки эффективности логистической системы транспортного предприятия:

1. Анализ предприятия с позиций системного и процессного подходов.
2. Выявление проблемной ситуации и аккумуляция возможно более полной информации, характеризующей эту ситуацию.
3. Количественная оценка проблемной ситуации.
4. Ранжирование проблем.
5. Принятие управленческих решений.

Таким образом, предложенный комплексный подход к оценке эффективности логистической системы транспортного предприятия позволяет упорядочить и систематизировать процесс анализа эффективности логистической системы, существенно сузить область поиска «слабого» звена системы, а также значительно сократить время и затраты ресурсов на проведение оценки. В связи с этим, данный подход может быть успешно использован для повышения эффективности логистической системы, а также имеет высокую практическую значимость не только для транспортных предприятий, но и для предприятий других областей деятельности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Миротин Л.Б.* Логистика: Управление в грузовых транспортно-логистических системах Учебное пособие / Под ред. проф. Л.Б. Миротина. М., 2002
2. *Гаджинский А.М.* Логистика. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2015. 484 с.
3. *Яшин А.А.* Логистика. Основы планирования и оценки эффективности логистических систем : учеб. пособие / А.А. Яшин. М.Л. Ряшко. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 52 с.

## ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННОГО ПОТЕНЦИАЛА ЭКОНОМИЧЕСКОГО СУБЪЕКТА

**А.М. Дюдюкина**

Научный руководитель – **А.А. Кострова**, канд. экон. наук, доцент

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*Важнейшим фактором роста конкурентоспособности экономического субъекта в современных условиях является уровень его инновационного развития. Актуальность исследования заключается в необходимости изучения причин, оказывающих негативное влияние на позиции, занимаемые экономическим субъектом в бизнес-сообществе, путем проведения оценки текущих изменений внутренней и внешней среды предприятия.*

**Ключевые слова:** инновационный потенциал, конкурентоспособность экономического субъекта, стратегия, развитие.

## ASSESSMENT OF THE INNOVATIVE POTENTIAL OF THE ECONOMIC ENTITY

**A.M. Dyudyukina**

Scientific Supervisor - **A.A. Kostrova**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State University P.G. Demidova

*The most important factor in increasing the competitiveness of the economic entity in modern conditions is the level of its innovative development. The relevance of the study is the need to study the reasons that negatively affect the positions occupied by the economic entity in the business community by assessing the current changes in the internal and external environment of the enterprise.*

**Keywords:** innovation potential, competitiveness of the economic entity, strategy, development.

В настоящее время важнейшим фактором роста конкурентоспособности экономического субъекта, как на внутреннем, так и на глобальном рынке является инновационное развитие. На протяжении нескольких десятилетий исследованиями в области определения сущности данного понятия занимались отечественные ученые, среди которых наибольший вклад в их развитие внесли

Кокурин Д.И., Гунин В.Н., Жиц Г.И., Устинов В.А., Николаев А.И., Фатхутдинов Р.А., Трофилова А.А., Шаповалова Т.А., Матвеева М.А.

Вместе с тем недостаточно изученными являются вопросы методического регулирования инновационного потенциала, связанные с осуществлением оценки инновационного потенциала экономических субъектов, а также процесса управления его уровнем.

Под инновационным потенциалом Фатхутдинов Р.А. понимает детерминацию возможностей предприятия по достижению определенной инновационной цели, то есть степени его готовности к реализации программы инновационных преобразований и внедрению инновационных технологий, продуктов [1].

В свою очередь, Кокурин Д.И. определяет инновационный потенциал как неиспользованные, скрытые возможности накопленных ресурсов, которые могут быть приведены в действие для достижения целей экономических субъектов [2].

Матвеева М.А. под инновационным потенциалом подразумевает способность объекта реального сектора обеспечить достаточную степень обновления факторов производства, их комбинаций в технологическом процессе выпускаемого продукта, организационно-управленческих структур и корпоративной культуры [3].

Рассмотрев различные подходы к определению данной экономической категории, можно сделать вывод о том, что современные исследователи трактуют понятие инновационный потенциал как совокупность факторов внешней и внутренней среды экономических субъектов, использование которых позволит качественно изменить организационную структуру предприятия, выпускаемую им продукцию, и как следствие удовлетворить потребности потребителей.

Структуру инновационного потенциала как единство трех его составляющих: ресурсов, управления и результатов, представим на рисунке 1.

Анализ существующих методик определения величины инновационного потенциала экономических субъектов свидетельствует о наличии диаметрально противоположных подходов: структурного и результативного, первый из которых позволяет учитывать производительность ресурсов. В свою очередь, результативный подход основывается на оценке его результатов.

## I. Ресурсы

### 1. Кадровая составляющая

- обеспечение экономического субъекта кадрами, необходимыми для разработки, адаптации, внедрения и выведения инновационного продукта.

### 2. Интеллектуальная составляющая

- наличие на предприятии объектов интеллектуальной собственности, результаты НИОКР

### 3. Финансовая составляющая

- характеризует показатели финансовой устойчивости экономического субъекта, подтверждающие наличие привлеченных, а также собственных ДС для реализации инновационных проектов.

### 4. Материально-техническая составляющая

- характеризует наличие ОС и необходимых площадей для ведения инновационной деятельности; отражает их объем и качественный состав.

## II. Результаты

### Финансовые и интеллектуальные результаты

- результаты коммерциализации инновационного потенциала экономического субъекта и является отражением степени реализации имеющихся у предприятия ресурсов и возможностей.

## III. Управление

### 1. Организационная составляющая

- характеризует уровень организации управления инновационной деятельностью на предприятии. Наличие в организационной структуре экономического субъекта сотрудника, отвечающего за инновационное развитие.

### 2. Маркетинговая составляющая

- наличие отдела маркетинга на предприятии, осуществляющего исследование рынка, включенность в сетевые

Рис. 1. Структура инновационного потенциала экономического субъекта

Согласно стратегическому планированию предприятие обязано учесть все факторы, оказывающие непосредственное влияние на его функционирование и внутренние особенности производства. В связи с чем наряду с описанными выше методами выделяют интегральный прием оценки инновационного потенциала экономического субъекта, позволяющий определить наиболее полную и достоверную информацию, достаточную для достижения целей управления организацией. Расчет элементов, учитываемых в модели при оценке инновационного потенциала хозяйствующего субъекта осуществляется по следующей формуле: [4]

$$R_j = \sum_{i=1}^n r_i \cdot w_i,$$

где  $R_j$  – J-я компонента инновационного потенциала экономического субъекта;  $n$  – количество показателей, включенных в модель при расчете инновационного потенциала;  $r_i$  – величина i-го показателя, используемого в модели при оценке инновационного потенциала;  $w_i$  – весовой коэффициент, полученный

методом экспертных оценок и отражающий значимость  $i$ -го показателя, используемого в модели при оценке инновационного потенциала.

Совокупную величину инновационного потенциала экономического субъекта можно определить следующим образом: [4]

$$\text{ИП} = \sum_{i=1}^n R_j \cdot w_i,$$

где ИП – инновационный потенциал экономического субъекта;  $R_j$  –  $J$ -я компонента инновационного потенциала экономического субъекта;  $w_i$  – весовой коэффициент, полученный методом экспертных оценок и отражающий значимость  $i$ -го показателя, используемого в модели при оценке инновационного потенциала.

Интерпретацию найденного значения интегрального показателя уровня оценки инновационной деятельности экономического субъекта принято определять по шкале, разработанной с использованием функции желательности Харрингтона, изменяющегося в пределах от 0 до 1. При этом низкий уровень инновационного потенциала характеризуется числовым значением коэффициента, относящегося к диапазону от 0 до 0,2; стагнирующий – от 0,2 до 0,37; стабильный – от 0,37 до 0,64; активного роста – от 0,64 до 0,8 и высокого инновационного потенциала в пределах от 0,8 до 1.

Таким образом, оценка, проведение и мониторинг инновационного потенциала хозяйствующего субъекта выступает его первоочередной задачей для обеспечения эффективного развития и поддержания высокого уровня конкурентоспособности организации в условиях постоянного совершенствования бизнес-процессов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Фатхутдинов Р.А.* Инновационный менеджмент: учебник для вузов. 6-е изд. СПб.: Питер, 2011. 448 с.
2. *Кокурин, Д.И.* Инновационная деятельность. М.: Экзамен, 2011. С. 112.
3. *Матвеева М.А.* Механизмы управления инновационной деятельностью в экономических системах // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2006. № 3(06).
4. *Соменкова Н.С.* Формирование стратегии инновационного развития промышленного предприятия // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Экономика и финансы. 2008. № 1. С.160–162.



## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РЕГУЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ О ДВИЖЕНИИ ТОВАРОВ ПО МСФО И РОССИЙСКОЙ БУХГАЛТЕРСКОЙ (ФИНАНСОВОЙ) ОТЧЕТНОСТИ**

**А.М. Дюдюкина**

Научный руководитель – **И.П. Курочкина**, д-р экон. наук,  
профессор

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*В статье представлена сравнительная характеристика регулирования информации о движении товаров, формируемой в отчетности по российским и международным стандартам. Для этого были рассмотрены и сопоставлены основные стандарты РСБУ и МСФО, которые отражают особенности учета товаров, готовой продукции, материалов. В результате исследования были выявлены существенные различия между ПБУ 5/01 и МСФО (IAS) 2, одновременно с чем наблюдается единение между ФСБУ 5/19 и МСФО (IAS) 2.*

**Ключевые слова:** МСФО, бухгалтерская (финансовая) отчетность, российские стандарты, запасы, движение товаров.

## **COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF REGULATION OF INFORMATION ON GOODS MOVEMENT UNDER IFRS AND RUSSIAN ACCOUNTING (FINANCIAL) STATEMENTS**

**A.M. Dyudyukina**

Scientific Supervisor - **I.P. Kurochkina**, Doctor of Economic Sciences,  
Professor

Yaroslavl State University P.G. Demidova

*The article presents a comparative characteristic of the regulation of information on the movement of goods, formed in the reporting by Russian and international standards. For this purpose, the main standards of RAS and IFRS were reviewed and compared, which reflect the peculiarities of accounting for goods, finished products, materials. The study found significant differences between RBP 5/01 and IAS 2, while there was a convergence between RBP 5/19 and IAS 2.*

**Keywords:** *IFRS, accounting (financial) statements, Russian standards stocks, movement of goods.*

В современных экономических условиях для расширения своих возможностей компании стремятся выйти на международную арену, что влечет за собой ведение бухгалтерского учета и составления отчетности не только по российским (РСБУ), но и по международным стандартам. С 25.11.2011 введены в действие Международные стандарты финансовой отчетности (МСФО) на территории Российской Федерации [1].

МСФО (IFRS) – единый комплект высококачественных глобальных стандартов финансовой отчетности, которые концептуально основаны на общих принципах отражения хозяйственных операций и событий, а не на конкретных правилах и методиках учета [5]. Как видно из определения, стандарты МСФО можно назвать «наднациональными» принципами составления отчетности.

Основным документом, регулирующим учет движения товаров в бухгалтерском учете в РФ, является ПБУ 5/01 «Учет материально-производственных запасов». Также, необходимо отметить, что 6 марта 2020 года вступил в силу Приказ Минфина России от 15.11.2019 №180н «Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 5/2019 «Запасы», который будет использоваться при формировании бухгалтерской (финансовой) отчетности за 2021 год. Аналогией российских стандартов бухгалтерского учета в международной практике является МСФО (IAS) 2 «Запасы», в соответствии с которым товарами признаются активы, предназначенные для продажи в ходе нормальной деятельности.

Проведем сравнительный анализ ПБУ 5/01 «Учет материально-производственных запасов» и МСФО (IAS) 2 «Запасы», сферы регулирования, область применения, критерии признания активов в качестве запасов имеют как сходства, так и принципиальные различия.

Сравнительную характеристику критериев признания активов в качестве запасов представим в таблице 1.

Изучая различия между критериями признания активов в качестве запасов, принимаемых к бухгалтерскому учету по российским и международным стандартам, необходимо определить каким образом они оцениваются при поступлении в организацию. ПБУ 5/01 закрепляет, что запасы принимаются к бухгалтерскому учету по фактической себестоимости.

Согласно МСФО (IAS) 2 «Запасы» в бухгалтерском учете и отчетности отражаются по наименьшей из двух величин: по себестоимости и по чистой цене продажи, под которой понимают расчетную продажную цену в ходе обычной деятельности за вычетом расчетных затрат на завершение производства и расчетных затрат, которые необходимо понести для продажи (рисунок 1).

**Таблица 1. Сравнительная характеристика критериев признания активов в качестве запасов по ПБУ 5/01 и МСФО (IAS) 2 «Запасы» [1,2]**

Критерии признания активов	ПБУ 5/01 «Учет материально-производственных запасов»	МСФО (IAS) 2 «Запасы»
Критерии признания товаров	Активы, предназначенные для продажи	Активы, предназначенные для продажи в ходе нормальной деятельности
Критерии признания сырья и материалов	Активы, используемые в качестве сырья и материалов и т.п. при производстве продукции, предназначенной для продажи (выполнения работ, оказания услуг)	Активы в форме сырья или материалов, предназначенных для использования в производственном процессе или при предоставлении услуг
Специальные критерии признания активов	Активы, используемые для управленческих нужд организации	Отсутствуют



**Рис. 1. Порядок оценки запасов в отчетности по МСФО (IAS) 2 «Запасы» [4]**

Таким образом, можно заметить, что подходы к определению, признанию, оценке и раскрытию информации о запасах в российском стандарте ПБУ 5/01 во многом соответствует МСФО, однако по-прежнему остаются расхождения в методологии отнесения и оценки активов. В целях обеспечения единства российских и международных стандартов «Бухгалтерским методологическим центром» был разработан ФСБУ 5/2019 «Запасы», в частности это касается сферы применения данных стандартов; подходов к оценке запасов; информации, подлежащей к раскрытию в отчетности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международный стандарт финансовой отчетности (IAS) 2 «Запасы» (введен в действие на территории Российской Федерации Приказом Минфина России от 28.12.2005 г. №217н; с учетом поправок документов МСФО, введенных в действие на территории Российской Федерации Приказами Минфина России от 27.06.2016 г. №98н; от 11.07.2016 г. №111н) (с последними изменениями на 24.01.2020 г.).
2. Положение по бухгалтерскому учету «Учет материально-производственных запасов» ПБУ 5/2001 (утв. Приказом Минфина России от 09.06.2001 №44н) (ред. от 16.05.2016) (Зарегистрировано в Минюсте России 19.07.2001 №2806).
3. Приказ Минфина России от 15.11.2019 г. № 180н «Об утверждении Федерального стандарта бухгалтерского учета ФСБУ 5/2019 «Запасы» (Зарегистрировано в Минюсте России 23.03.2020 № 57837).
4. *Богачева, И.В.*, Бухгалтерский учет в отраслях: учебно-практическое пособие. М.: ЕАОИ, 2007.– 135 с.
5. *Булатова З.Г.* Бухгалтерский учет товаров, расчетов и финансовых результатов в торговых организациях / З.Г. Булатова, М.А. Булатов. М.: Экзамен, 2016. 352 с.

## УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ПЕРСОНАЛА КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СМК

**Е.Е. Еремеева, М.А. Угрюмова**

Научный руководитель – **М.А. Угрюмова**, канд. экон. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Статья посвящена вопросам управления развитием персонала. Рассмотрен аспект важности системы управления развитием персонала; приведены внутренние и внешние факторы, влияющие на данный процесс. В современных условиях ведения бизнеса, особое внимание необходимо уделять проблемам управления персоналом.*

**Ключевые слова:** развитие персонала, управление персоналом, факторы, проблемы управления персоналом.

## PERSONNEL DEVELOPMENT MANAGEMENT AS A FACTOR OF INCREASING THE EFFICIENCY QMS

**E.N. Eremeeva, M.A. Ygryumova**

Scientific Supervisor - **M.A. Ygryumova**, Candidate of Economic  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article is devoted to the issues of personnel development management. The aspect of the importance of the personnel development management system is considered; the internal and external factors influencing this process are given. In modern conditions of doing business, special attention must be paid to the problems of personnel management.*

**Keywords:** personnel development, personnel management, factors, personnel management problems.

Кадровый потенциал является важнейшим стратегическим фактором, определяющим успех предприятия. Руководители современных компаний задумываются над эффективностью развития персонала, причем именно это направление играет значительную роль в развитии бизнеса. Опыт, многих компаний показывает, что инвестиции в новое оборудование не всегда прино-

сят повышение производительности труда и прибыли, если наряду с этим не учитывать «человеческий фактор».

На данный момент все чаще доказывается формула 30-х годов прошедшего века, что "кадры решают всё". Персонал считается одним из важных ресурсов организации, нужных для заслуги всех ее целей и задач. Работники - основное богатство организации, которое нужно беречь, совершенствовать и применять для успеха в конкурентоспособной борьбе.

Итак, управление персоналом эффективно, когда сотрудники успешно используют свой потенциал для осуществления общих целей. Учитывая, что в современных условиях одной из приоритетных и важнейших общеорганизационных целей является качество, система управления персоналом должна быть связана с качеством, быть адекватной системе менеджмента качества, базироваться на тех же принципах и основах (лидерство, вовлеченность персонала, процессный подход, улучшения, принятие решений, основанное на фактах, менеджмент взаимоотношений). И с другой стороны, не один из принципов СМК не может быть реализован без развития персонала.

В отечественной литературе отсутствует элементное определение термина «развитие персонала», а также описание элементов системы развития персонала, не дается конкретного механизма формирования такой системы, однако существуют различные трактовки этого понятия.

Например, А.Я. Кибанов рассматривает «развитие персонала» как комплекс организационно-экономических мероприятий в сфере обучения персонала, его подготовки, переподготовки и повышения квалификации. [А.Я. Кибанов, Управление персоналом организации, 1996]

Л.И. Лукичева считает, что данный термин подразумевает под собой ряд мер, которые включают в себя профессиональное обучение абитуриентов, их переподготовку и повышение качества рабочей силы [Лукичева И.Л. Управление персоналом, 2007]

По мнению В.Р. Веснина развитие персонала – это комплекс организационно-экономических операций в сфере обучения работников, повышения квалификации и профессиональной компетентности персонала, мотивация творчества и т.п. [Веснин В.Р. Управление человеческими ресурсами, 2006]

Таким образом, можно утверждать, что развитие персонала – это комплекс разных мероприятий, который охватывает как стадии подготовки и переподготовки кадров, так и стадии повышения квалификации и профессионального роста мастерства людей различных возрастных категорий с разным опытом работы.

Нередко фирмы сталкиваются с трудностями в оценке эффекта от развития персонала. Чтобы процедура проводилась не «ради оценки», важно понимать какие факторы следует рассматривать и как их применять в последующем (таблица 1).

Факторы управления персоналом – это наиболее важные переменные, которые пребывают в конкретной взаимосвязи с исследуемым объектом или процессом.

**Таблица 1. Факторы, влияющие на управление персоналом**

Внешняя среда	Политическая обстановка Экономическая среда Демографическая среда НТП Социально-культурная среда
Стиль руководства	Тип руководства Стиль руководства
Личные характеристики работников	Образование Пол Психологические особенности Возраст Мотивация
Внутренняя среда организации	Вид деятельности Форма собственности Размер и организационная структура Роль профсоюзов Кооперативная культура

Далее проанализируем основные проблемы управления развитием персоналом. Из них можно выделить основные:

1. Некомпетентность руководства;

Если организация стремится улучшить рабочую обстановку, начинать следует с повышения качества руководства. Квалификация управляющего состава является одним из важнейших факторов развития бизнеса, так как он требует «изоощренных» управленческих технологий.

2. Отсутствие четкого распределения функций;

Некоторые из работников бывают перегружены выполнением несвойственных им функций, что влечет за собой снижение эффективности выполнения их непосредственных обязанностей. Также бывает, что практически невозможно «найти» ответственных за выполнение большинства функций по управлению персоналом. Объясняется это тем, что многие функции просто не свойственны руководителям предприятий. Чаще всего присутствуют только функции управления персоналом, связанные с наймом и оплатой труда, а из виду упускаются такие важнейшие функции, как развитие персонала и его оценка.

3. Преобладание стратегических решений;

В системе управления персоналом некоторых предприятий, как правило, присутствует небольшой вес стратегических решений, и это не очень хо-

роший показатель. Он говорит о том, что вопросам планированию деятельности в долгосрочной перспективе не уделяется должного внимания.

#### 4. Недостаточная регламентация рабочих мест персонала;

Часто встречается такое, что персоналу присуща большая универсальность, только половина рабочих мест бывает обеспечена оригинальными инструкциями, разработанными под конкретные рабочие места. В остальных случаях приходится пользоваться типовыми инструкциями, скачанными из интернета, или вовсе обходиться без инструкций, что значительно снижает уровень ответственности исполнителей и увеличивает временные затраты на выполнение отдельных функций.

А также:

5. Взаимосвязи между подразделениями и отдельными сотрудниками не оптимальны, существуют зоны дублирования;

6. Низкие показатели трудовой дисциплины;

7. Недостаточная компетентность младших сотрудников и руководящего звена;

8. Конфликтотенная или неблагоприятная атмосфера;

9. Недостаточность мотивационной среды и так далее.

Таким образом, подходы к управлению персоналом должны базироваться на необходимости наибольшего раскрытия потенциала работающих в коллективе людей, когда персонал рассматривается в качестве ключевого фактора, определяющего эффективность использования всех остальных ресурсов предприятия. Опираясь на опыт и результат успешных отечественных и зарубежных компаний можно с уверенностью сказать, что инвестиции в персонал, предоставление условий для профессионального роста сотрудников и повышение уровня их самостоятельности дают быструю и высокую отдачу на вложенные средства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. quality.eup.ru. URL: <https://quality.eup.ru/MATERIALY10/up-sk.htm> (Дата обращения 15.03.2021).
2. CYBERLENINKA. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/suschnost-razvitiya-personala> (Дата обращения 15.03.2021).
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. URL: [https://www.elibrary.ru/query\\_results.asp](https://www.elibrary.ru/query_results.asp) (17.03.2021).
4. Психологические аспекты управления человеческими ресурсами организации в современных рыночных условиях URL: <https://novainfo.ru/article/3992> (Дата обращения 17.03.2021).
5. Административно – управленческий портал. URL: [http://www.aup.ru/books/m152/5\\_2.htm](http://www.aup.ru/books/m152/5_2.htm) (Дата обращения 17.03.2021).



**ВЛИЯНИЕ СОВРЕМЕННЫХ МИСТИФИКАЦИЙ  
НА ФОРМИРОВАНИЕ РЕАЛЬНЫХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ  
У БАКАЛАВРОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ  
О ПРОИЗВОДСТВЕ**

**К.В. Ермакова, А.В. Павлов**

Научный руководитель – **А.В. Павлов**, канд. техн. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*Некоторые педагогические технологии, не свойственные техническому образованию, формируют искаженное представление о производственном технологическом процессе у бакалавров технического профиля.*

***Ключевые слова:** педагогические технологии, многовариантный подход к решению абсолютно конкретных задач.*

**THE INFLUENCE OF MODERN HOAXES  
ON THE FORMATION OF REAL IDEAS OF BACHELORS  
OF TECHNICAL PROFILE ABOUT PRODUCTION**

**X.V. Yermakova, A.V. Pavlov**

Scientific Supervisor – **A.V. Pavlov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*Some pedagogical technologies, which are not typical of technical education, form a distorted view of the production technological process for technical bachelors.*

***Keywords:** pedagogical technologies, a multi-variant approach to solving absolutely specific tasks.*

За последнее время всё чаще и чаще приходится встречаться с практикой внедрения в учебный процесс технических высших учебных заведений новых экспериментальных педагогических технологий, которые направлены на получения некоторого положительного опыта за сравнительно короткий промежуток времени.

Не апробированные в достаточном объёме экспериментальные педагогические технологии не свойственные техническим высшим учебным заведениям, для которых основной целью является подготовка специалистов (бакалавров и магистров) для работы на промышленных предприятиях, способствуют формированию у выпускников высшей технической школы многовариантный подход к решению абсолютно конкретных задач.

Практика проверки полученных знаний у студентов тестированием вместо традиционного экзамена не может создавать условий для принятия единственно правильного технического решения, от которого зависит, порой техническое состояние всего производственного процесса и благополучие людей, участвующих в производственном процессе.

Полученный положительный опыт от новых экспериментальных педагогических технологий за короткий промежуток времени способствует формированию у студентов ложных представлений об ускорении принятий современных «революционных» технических решений на существующих промышленных предприятиях. Любое даже незначительное изменение в технологическом процессе приводит к изменению технологического регламента производства, которое влечет за собой изменение всей инфраструктуры, задействованной в производстве – от поставки сырья до реализации готовой продукции.

Результатами от внедрения новых экспериментальных педагогических технологий являются поверхностные мажорные решения, которые отбирают определенное учебное время у студентов, необходимое для освоения учебных курсов, предусмотренных учебной программой.

Используемый пакет цифровых программ в реализации экспериментальных педагогических технологий, лишенный кибербезопасности, позволяет манипулировать результатами реализации данных программ, и обезличивает их, порождая безответственность.

Проведение производственных практик в дистанционном формате не дает никаких реальных представлений у бакалавров технического профиля о производстве. Мистификации о «фабриках будущего» никогда не заменят лекцию или беседу со специалистом технического производства, который отвечает за технологический процесс «здесь и сейчас».

## **МЕЖБЮДЖЕТНЫЕ ТРАНСФЕРТЫ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ: КЛЮЧЕВЫЕ ВОПРОСЫ**

**М.С. Желябина, Э.А. Михайлова**

Научный руководитель – **Э.А. Михайлова**, канд. техн. наук,  
профессор

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
им. П.А. Соловьева

*Рассматривается понятие межбюджетных трансфертов, назначение и условия использования, а также стоимостные показатели объемов предоставления трансфертов, определены основные тенденции в рамках межбюджетных отношений.*

***Ключевые слова:** бюджет, межбюджетные трансферты, межбюджетные отношения.*

## **INTER-BUDGET TRANSFERS IN THE RUSSIAN FEDERATION: KEY ISSUES**

**M.S. Zheliabina, E.A. Mikhailova**

Scientific Supervisor – **E.A. Mikhailova**, Candidate of Technical  
Sciences, Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The concept of inter-budget transfers, the purpose and conditions of use, as well as the cost indicators of the volume of transfers are considered, the main trends in the framework of inter-budget relations are determined.*

***Keywords:** budget, inter-budget transfers, inter-budget relations.*

Согласно Бюджетному кодексу Российской Федерации (РФ), бюджет – форма образования и расходования денежных средств, предназначенных для финансового обеспечения задач и функций государства, государственных органов и органов местного самоуправления. Бюджет служит источником средств для выполнения расходных обязательств публично-правовых образований – с его помощью государственные власти получают, например, денежные ресурсы для содержания государственных учреждений, обеспечения

непосредственно своей деятельности, и в то же время он является важным элементом для проведения экономической и социальной политики.

В рамках бюджетной системы РФ при осуществлении бюджетного процесса возникают межбюджетные отношения. Одной из форм межбюджетных отношений являются межбюджетные трансферты. Руководствуясь статьей 6 Бюджетного кодекса РФ, межбюджетные трансферты (МБТ) можно определить как процедуру выделения денежных средств из одного бюджета бюджетной системы РФ другому бюджету в этой же системе. В самом общем виде, межбюджетные трансферты необходимы для возможности реализации основной цели деятельности органов власти – обеспечения комплексного развития государства. В частности, МБТ используют для достижения определенных целей, таких, например, как устранение горизонтальных диспропорций между регионами, возмещение бюджетам регионов средств, потраченных на выполнение задач общегосударственного значения, и устранение недостатков системы взимания налогов.

Основными формами межбюджетных трансфертов являются субсидии, субвенции, дотации и иные межбюджетные трансферты. Рассмотрим основные формы МБТ.

При возникновении необходимости выровнять бюджетную обеспеченность нижестоящего бюджета по общему регламенту выделяются дотации. Дотации – МБТ, которые предоставляются на безвозвратной и безвозмездной основе без установления направлений и условий их использования. Назначение их использования не является заранее определенным - полученные публично-правовым образованием дотации могут быть использованы на любые цели. Сумма выделяемых дотаций рассчитывается согласно методике, установленной Правительством РФ, и утверждается на каждый финансовый год. Именно за счет данных средств государство уменьшает диспропорции в развитии различных регионов РФ.

Следующей формой межбюджетных трансфертов являются субвенции – это МБТ, предоставляемые в целях финансового обеспечения расходных обязательств, переданных одним публично-правовым образованием, которое является отправителем трансферта, другому публично-правовому образованию, которое является получателем-трансферта. Иными словами, субвенции предоставляются бюджетам публично-правовых образований с целью компенсации тех расходов, которые возникли в дополнение к основным в связи с перенаправлением полномочий с одного уровня бюджетной системы на другой. Примерами субвенций можно назвать субвенции на частичную компенсацию стоимости питания отдельным категориям обучающихся в муниципальных общеобразовательных организациях; на реализацию полномочий по тушению лесных пожаров и другие.

Еще одна форма межбюджетных трансфертов – субсидии – это МБТ, предоставляемые в целях софинансирования расходных обязательств, возникающих при выполнении полномочий органов власти бюджета, который явля-

ется получателем трансферта. Примерами субсидий можно назвать субсидии на проведение капитального ремонта в муниципальных дошкольных образовательных организациях; на строительство и реконструкцию автомобильных дорог общего пользования и другие.

Законодательство РФ определяет и порядок того, как выделяются межбюджетные трансферты. В соответствии с ограничениями, выдвигаемыми законодательством к трансфертам, публично-правовые образования РФ не могут брать на себя новые расходные обязательства, если хотя бы 20 % их бюджетов приходится на МБТ, и при получении дополнительных средств они обязуются более тщательно следить за своей финансовой дисциплиной. Соблюдение органами государственной власти бюджетного законодательства, а также законодательства о налогах и сборах является одним из важнейших условий предоставления МБТ.

Проанализируем показатели предоставления МБТ на основании данных, опубликованных Министерством Финансов РФ. Доля межбюджетных трансфертов в общем объеме доходов бюджетов публично-правовых образований в 2019 году составила 66,0 % или 3 114,7 млрд рублей, в 2018 году данный показатель составил 64,5 % или 2 737,2 млрд рублей. В результате анализа структуры межбюджетных трансфертов получен вывод о том, что субвенции – доля этих составляет 49,6 % в 2019 году. Общий объем субвенций в 2019 году увеличился по отношению к 2018 году на 6,3 % и составил 1 546,1 млрд рублей. На долю других видов МБТ приходится 1 568,6 млрд рублей или 50,4 %. Объем дотаций в 2019 г. составил 437,6 млрд рублей, в том числе 219,6 млрд рублей поступило в бюджеты муниципальных районов, 136,4 млрд рублей – в бюджеты городских округов, 78,0 млрд рублей – в бюджеты поселений. В 2019 году объем субсидий составил 852,9 млрд рублей, что составляет 26,8 % от собственных доходов местных бюджетов.

По результатам анализа можно сделать вывод, что межбюджетные трансферты составляют значительную часть доходов местных бюджетов. В современных условиях большинство публично-правовых образований РФ крайне сильно зависят от денежных средств, выделяемых в качестве МБТ. Высокий уровень зависимости от средств МБТ обусловлен периодическими существенными изменениями бюджетного законодательства, дифференциацией регионов по уровню развития, в силу особенностей различных географических и экономических условий (например, из-за площади страны, географической удаленности, существенных различий в экономическом развитии территорий), ограниченностью объемов налоговых и неналоговых доходов бюджетов субъектов и муниципальных образований, которых не хватает для покрытия запланированных расходов. Данные факторы приводят к тому, что часть регионов страны признаны высокодотационными.

Одной из тенденций межбюджетных отношений на современном этапе является расширение состава полномочий субъектов РФ. Считается, что органы местного самоуправления «лучше знают», куда вкладывать средства, чтобы

получить максимальный эффект. Но расширение полномочий реализуется, в том числе, за счет принятия новых нормативно-правовых актов, увеличивающих расходы бюджетов на реализацию новых полномочий, в связи с чем регионы вынуждены искать дополнительные источники привлечения доходов.

Помимо этого, при предоставлении МБТ есть еще одна важная проблема – несовершенство механизма осуществления финансовой поддержки публично-правовых образований, и как следствие - затягивание процедуры подписания, утверждения и передачи МБТ, в результате чего публично-правовые образования получают денежные средства «в конце года», зачастую попросту не успевая их потратить.

Для решения данных проблем Правительство РФ принимает ряд мер, таких, как закрепление ускоренных сроков заключения соглашений по субсидиям и иным МБТ; фиксация сроков распределения трансфертов до 1 января; урегулирование порядка оперативного перераспределения объемов МБТ; установление для субсидий предельного уровня в целях реализации государственных программ предельного уровня софинансирования; упрощение внесения изменений в плановые документы и административных процедур, связанных с предоставлением целевых МБТ; смягчение мер ответственности регионов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бюджетный кодекс Российской Федерации от 31.07.1998 N 145-ФЗ (ред. от 22.12.2020) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021).
2. Министерство финансов РФ: Информация о результатах проведения мониторинга исполнения местных бюджетов и межбюджетных отношений в субъектах Российской Федерации за 2019 год.

## РОЛЬ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ В СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ

**Ю.М. Иванова, М.Б. Абрамова**

Научный руководитель – **М.Б. Абрамова**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается кадровая политика как система работы с персоналом, а также инновации в системы управления персоналом.*

**Ключевые слова:** кадровая политика, кадры предприятия, стратегия управления персоналом, кадровый потенциал.

## THE ROLE OF HR POLICY IN HR MANAGEMENT STRATEGY

**J.M. Ivanova, M.B. Abramova**

Scientific Supervisor – **M.B. Abramova**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article considers HR policy as a system of working with personnel, as well as innovations in personnel management systems.*

**Keywords:** personnel policy, personnel of the enterprise, HR management strategy, personnel potential

Уже давно известно, что одним из ключевых факторов, влияющих на эффективность производства, являются кадры предприятия. Успех компании напрямую зависит от управления в организации, и, конечно же, от деятельности системы управления персоналом и отдела кадров. И эффективность предприятия зависит от правильной расстановки работающих, а также от их квалификации, всё это влияет в конечном итоге на объем выполненной работы. Сейчас на предприятии уделяется большое значение роли человека в системе управления. И чтобы достичь положительных результатов в работе с кадрами, требуется применять инновационные методы управления.

Актуальность выбранной темы обусловлена тем, что в условиях рыночной экономики одним из главных факторов эффективности организации, а также ее конкурентоспособности, является качественный кадровый состав,

который формируется благодаря кадровой политике предприятия. В качестве примера мною была выбрана Ярославская организация ООО «Ярнефтехимстрой-2», основным видом деятельности которой является «Разборка и снос зданий», количество сотрудников на данный момент 122 человека. Ключевыми проблемами данной организации в системе управления персоналом является отсутствие четкой кадровой политики, несовершенство процесса адаптации новых сотрудников, а также отсутствие заинтересованности в инновациях в сфере управления.

Стратегия управления персоналом - это специально разработанный руководством организации комплекс мер по созданию высокопрофессионального коллектива, учитывая при этом стратегические цели организации. В свою очередь, кадровая политика – деятельность организации, направленная на создание такого коллектива, который в свою очередь будет способствовать совмещению целей и приоритетов самой организации, сотрудников. По моему мнению, цель кадровой политики заключается в обеспечении оптимального баланса процессов сохранения, а также обновления качественного и численного состава кадров, а также в его развитии в соответствии с потребностями самой организации и уровнем рынка. Я считаю, что работа с кадрами обязательно должна вести к получению желаемого результата в отношении любой проблемы и вопроса в кадровой сфере. Главной же задачей руководителя организации является максимальное использование возможностей работников. Ведь успех всей работы зависит от эффективности кадровой службы.

Для того чтобы выбранная мной организация («Ярнефтехимстрой-2») смогла воплотить свои стратегические цели в жизнь, необходимо совершенствовать действующую кадровую политику. Возможно, изучить, как организовать работу с кадрами, а также рассмотреть вопрос о внедрении ряда инновационных изменений. К сожалению, выбранная организация, как и большинство других отечественных фирм, еще не в полной мере осознали необходимость проведения эффективной кадровой политики. Она, в первую очередь, ориентирована на развитие человеческих ресурсов и постоянно нуждается в обновлении.

На современном этапе существует множество направлений кадровой политики. При выборе следует обращать внимание на внутреннюю и внешнюю среду организации. В частности, рассмотреть общую ситуацию на рынке; качественные и количественные характеристики сотрудников; финансовые возможности самой организации.

Для введения новой кадровой политики, в целях повышения эффективности деятельности организации, следует провести ряд мероприятий:

- проведение долгосрочного кадрового планирования для повышения эффективности работы предприятия. Стоит пересмотреть численность штата в будущем, при этом обратить внимание на прогнозы состояния рынка рабочей силы;



- требуется улучшать систему подбора кадров. Стоит уделить больше внимания привлечению молодых специалистов. Ведь в управлении персоналом наблюдается очень важная роль именно таких сотрудников в инновационной деятельности кадрового менеджмента.

Кадровая политика будет более эффективна при условиях внедрения инноваций, но при этом требуется подготовить сотрудников к нововведениям. Это можно сделать при помощи следующих решений:

- увеличение уровня образованности сотрудников (повышение квалификации, переподготовка кадров – обучение персонала для совершенствования знаний, навыков, либо же получения новых умений);

- предоставление свободы сотрудникам в высказывании личного мнения о нововведениях (проведение дискуссий делает коллектив более открытым, помогает разобраться в тонкостях работы);

- предоставление технического оснащения в свободном доступе (для ускорения процессов внедрения инноваций);

- изменение процесса адаптации новых сотрудников в организации.

Адаптация персонала является одной из наиболее значимых функций системы управления персоналом. Незавершенная адаптация является причиной некачественной кадровой политики организации, и как следствие, низкой работоспособности. В большинстве отечественных организациях, где преобладает «клановость», новые специалисты, особенно молодые, не воспринимаются всерьез. По моему мнению, необходимо мотивировать опытных специалистов на оказание помощи «новичкам» при помощи системы наставничества. Но необходимо материально и морально стимулировать данный процесс. Такая кадровая политика помогает приспособиться к корпоративной культуре и увеличить мотивацию.

Кадровая политика на современном этапе развития, касается принципиальных позиций организации в отношении подготовки и развития кадров, также она обеспечивает взаимодействие сотрудников и фирмы. Она носит как частный характер, так и общий характер, когда это касается персонала предприятия в целом.

Хочется отметить, что правильно выбранная кадровая стратегия, в первую очередь, обеспечивает бесперебойность работы фирмы, также стабилизацию коллектива благодаря учету всех интересов сотрудников.

Таким образом, на мой взгляд, эффективность развития предприятия заключается в правильном подборе стратегии управления персоналом. Ведь кадровая политика и создана для того, чтобы сплотить сотрудников (новых и уже работающих) для решения поставленных задач. А основным аспектом, необходимым для удачного развития организации – это отношение к сотрудникам в коллективе. Трудно стимулировать людей к работе, при условии, если у них нет взаимоотношений в коллективе и желаний для внедрения инноваций в кадровую политику. Также, практика управления доказывает необходимость адаптации новых специалистов в организации. Ведь она является фундамен-

том последующей реализации сотрудников. Современная политика кадров должна совпадать с концепцией развития предприятия и рассматриваться как неотъемлемая стратегия эффективного управления персоналом.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Веснин В.Р.* Управление персоналом. Теория и практика: Учебник. М.: Проспект, 2017. 617с.
2. *Кибаров А.Я.* Разработка кадровой политики организации // Кадровик. Кадровое делопроизводство. 2016. № 1. С. 23-5.
3. *Кибанова А.Я.* Управление персоналом организации: учебник. М.: ИНФРА-М, 2016. 541с.
4. *Пережогин К.А.* Инновационные изменения в системе управления персоналом // Молодой ученый. 2016. № 4. 401 с.

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ  
ОБЩЕРЫНОЧНОГО РИСКА НЕВЫПЛАТЫ ИПОТЕЧНЫХ  
И БЕЗЗАЛОГОВЫХ КРЕДИТОВ НА ОСНОВЕ  
МАКРОЭКОНОМИЧЕСКИХ ДАННЫХ**

**А.П. Иванова, Л.С. Витвицкая, А.Н. Савичева**

Научный руководитель – **А.Н. Савичева**, канд. экон. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается экономическая сущность ипотечного кредитования, рисков, сопряженных с ним, и методов управления этими рисками, динамика развития рынка ипотечного кредитования в России, влияние подъемов и спадов на выполнение заемщиками своих долговых обязательств, основные факторы, оказывающие влияние на прогнозирование кредитного, зависимость, которая поможет предсказать вероятность невыплаты по кредиту.*

**Ключевые слова:** ипотечное кредитование, беззалоговый кредит, риски невыплаты, управление риском невыплаты, макроэкономические показатели, модель прогнозирования риска невыплаты кредитов.

**DEVELOPMENT OF MODELS FOR FORECASTING  
THE GENERAL MARKET RISK OF NON-PAYMENT  
OF MORTGAGE AND UNSECURED LOANS BASED  
ON MACROECONOMIC DATA**

**A.P. Ivanova, L.S. Vitvitskaya, A.N. Savicheva**

Scientific Supervisor - **A.N. Savicheva**, Candidate of Economic  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavy State Technical University

*Article deals with economic essence of mortgage lending, the risks associated with it and methods of managing these risks, the dynamics of development of mortgage lending market in Russia, the influence of UPS and downs for the execution by borrowers of their debt, the major factors influencing the prediction of credit, dependence, which will help to predict the chance of a default on the loan.*

**Keywords:** mortgage lending, unsecured loan, non-payment risks, non-payment risk management, macroeconomic indicators, loan non-payment risk forecasting model.

В настоящее время все большей популярностью в мире пользуется ипотечное кредитование. В Российской Федерации объем кредитования вырос к октябрю 2020 года и достиг 3,25 трлн руб., что превысило рекордные показатели 2018 года [1]. Причиной такого резкого роста мог послужить запуск льготной программы в мае этого года. Для клиентов банков ипотека - отличная возможность приобрести качественное жилье, на которое на данный момент нет средств или копить на которое пришлось бы долгие годы. А для государства это полезный инструмент регулирования движения денежных потоков в экономике, социальной поддержки нуждающихся в жилье и стимулирования строительной отрасли.

Ипотека – это способ обеспечения обязательства заемщика перед кредитором залогом недвижимого имущества, заключающийся в праве кредитора получить удовлетворение своих денежных требований из стоимости заложенного недвижимого имущества.

Предметом ипотеки могут быть индивидуальные и многоквартирные жилые дома, квартиры, земельные участки, здания, сооружения и иное недвижимое имущество.

Беззалоговый кредит – это займ, не подразумевающий передачу прав материальных ценностей для обеспечения возвратности кредита.

Все участники кредитования подвергаются рискам. Кроме уже названных существует большое количество и других рисков, их можно объединить в следующие группы:

1. изменение процентных ставок по кредиту;
2. изменение валютного курса рубля;
3. снижение ликвидности, включая снижение рыночной цены, и утрата залога;
4. увеличение сроков оформления прав собственности;
5. снижение платежеспособности заемщиков.

Каждый из этих рисков определенным образом сказывается на деятельности субъектов кредитования, часть из возможных последствий для кредитора, заемщика, инвестора, застройщика и продавца в случае оформления первичного и вторичного ипотечного кредита была представлена в таблицах 1 и 2.

Под первичной ипотекой подразумевается выдача кредита на абсолютно новое жилье, у которого до этого не было владельцев. Такое жилье можно приобрести только по договору долевого участия, в котором прописано, что застройщик обязуется построить объект и передать его в пользование покупателю. После получения этих документов владелец может зарегистрировать право на собственность.

**Таблица 1. Риски первичной ипотеки**

Риски	Возможные последствия рисков для субъектов ипотеки			
	Кредитор	Заемщик	Застройщик	Инвестор
1. Снижение ставок по кредиту	Утрата части кредитного дохода	Нет	Нет	Утрата части инвестиционного дохода в связи с попутным снижением инвестиционных ставок
2. Повышение ставок по кредиту	Утрата части клиентов	Невозможность выплаты ипотечного кредита	Удорожание строительства, увеличение его сроков	Нет
3. Увеличение валютного курса рубля	Потери или прибыль в зависимости от номинирования валюты кредита	Прибыль или потери в зависимости от номинирования валюты кредита	Потери или прибыль в зависимости от номинирования валюты кредита, валюты продажи	Потери или прибыль в зависимости от номинирования валюты инвестирования
4. Уменьшение валютного курса рубля				
5. Снижение ликвидности и утрата залога	Утрата кредита	Утрата приобретенного имущества, дополнительные расходы	Утрата дохода	Утрата части или всего инвестиционного дохода
6. Увеличение сроков оформления собственности	Утрата части кредитного дохода	Дополнительные расходы	Утрата части дохода	Утрата части инвестиционного дохода
7. Снижение платежеспособности заемщиков	Утрата части дохода, утрата кредита	Утрата приобретенного имущества, дополнительные расходы	Утрата части или всего дохода	Утрата части или всего инвестиционного дохода

Под вторичной ипотекой подразумевается выдача займа на недвижимость, на которую уже оформлялось право собственности. Это может быть новый дом, но на который уже оформлено свидетельство собственника, или же старая постройка.

**Таблица 2. Риски вторичной ипотеки**

Риски	Возможные последствия рисков для субъектов ипотеки			
	Кредитор	Заемщик	Застройщик	Инвестор
1. Снижение ставок по кредиту	Утрата части кредитного дохода	Нет	Нет	Утрата части инвестиционного дохода в связи с попутным снижением инвестиционных ставок
2. Повышение ставок по кредиту	Утрата части клиентов	Невозможность выплаты ипотечного кредита	Нет	Нет

3. Увеличение валютного курса рубля	Потери или прибыль в зависимости от номинарования валюты кредита	Прибыль или потери в зависимости от номинарованном валюты кредита	Потери или прибыль в зависимости от номинарования валюты кредита, валюты продажи	Потери или прибыль в зависимости от номинаровано валюты инвестирования
4. Уменьшение валютного курса рубля				
5. Снижение ликвидности и утрата залога	Утрата кредита	Утрата приобретенного имущества, дополнительные расходы	Возврат денег от продажи	Утрата части или всего инвестиционного дохода
6. Увеличение сроков оформления собственности	Утрата части кредитного дохода	Дополнительные расходы	Утрата части дохода	Утрата части инвестиционного дохода
7. Снижение платежеспособности заемщиков	Утрата части дохода, утрата кредита	Утрата приобретенного имущества, дополнительные расходы	Нет	Утрата части или всего инвестиционного дохода

Риски инвестора по сути являются рисками финансового предпринимательства, спекулятивными рисками и связаны, главным образом, с валютными колебаниями.

Ключевое место в оценке кредитного риска занимает моделирование вероятности дефолта заемщика (невыполнение договора займа).

Методы, доступные для управления кредитным риском ипотечного кредитования, с разбивкой по способам управления риском представлены в следующей таблице [2].

**Таблица 3. Методы управления кредитным риском**

Способ управления	Метод управления
Снижение риска	Обеспечение (залог) и страхование обеспечения
	Привлечение поручителей
	Андеррайтинг
Избежание риска	Отказ от кредитования
Принятие риска	Создание резервов
Передача риска	Реинвестирование
	Распределение

Наличие обеспечения позволяет скорректировать потери в случае дефолта заемщика на величину стоимости недвижимости. Этот способ управления риском является неотъемлемой обязательной частью ипотечного кредитования. Анализ состояния и рыночной стоимости недвижимости, а также текущего и прогнозного спроса на предмет залога помогает лучше оценить размер возможного убытка [2]. Для прогнозирования ожидаемых цен на недвижимость используется метод регрессионного анализа и прогноз временных рядов.

Страхование предмета залога является обязательным условием выдачи кредита, позволяющим исключить риск утраты предмета залога и передать его

страховой компании. Страхователем выступает сам заемщик, поэтому банк не несет дополнительных затрат по этому пункту.

Привлечение поручителей в процессе кредитования является необязательным, но помогает снизить кредитный риск за счет дополнительной гарантии кредитоспособности заемщика. Эффективность этого метода зависит от характеристик поручителя, но в целом принято считать кредиты с поручителем более надежными.

Процесс андеррайтинга подразумевает оценку кредитоспособности заемщика в зависимости от доступной информации о потенциальном заемщике. В каждом банке создана своя система оценки кредитоспособности заемщиков. Проведение качественного андеррайтинга позволяет банку поддерживать риск на выбранном уровне.

Факторами, оказывающими прямое воздействие на возникновение кредитного риска, являются качество кредитного портфеля, ценовая политика банка и степень управления кредитным риском в банке [3].

Кроме того, внутренние факторы кредитного риска могут быть связаны как с деятельностью банка-кредитора, так и с деятельностью заемщика.

**Таблица 4. Внутренние факторы кредитного риска**

Внутренние факторы	Характеристика факторов кредитного риска
Факторы, связанные с деятельностью заемщика	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Содержание и условия коммерческой деятельности заемщика</li><li>2. Кредитоспособность заемщика</li><li>3. Уровень менеджмента заемщика</li><li>4. Репутация заемщика</li><li>5. Банкротство заемщика</li><li>6. Мошенничество со стороны заемщика</li></ol>
Факторы, связанные с деятельностью банка-кредитора	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Адекватность выбора кредитной политики</li><li>2. Структура кредитного портфеля</li><li>3. Квалификация персонала</li><li>4. Ошибочные действия кредитных работников</li><li>5. Качество технологий</li><li>6. Тип рыночной стратегии</li><li>7. Способность разрабатывать и продвигать новые кредитные продукты</li><li>8. Точность технико-экономического обоснования (ТЭО) кредитной сделки и инвестиционного проекта</li></ol>

Среди социально-демографических характеристик доход заемщика во многом определяет его способность в будущем погашать ипотечные обязательства, поэтому данный показатель играет важную роль в объяснении вероятности подачи кредитной заявки, вероятности одобрения кредитной заявки, вероятности заключения кредитного контракта и вероятности дефолта.

Структурная модель принятия решений на ипотечном рынке может быть представлена следующими шагами.

1. Подача заявки заемщиком в кредитную организацию. Заемщик осознает потребность в ипотеке, выбирает ипотечную программу, предлагаемую

кредитными организациями, и кредитную организацию, которая в некотором смысле соответствует его предпочтениям. Потенциальный заемщик заполняет анкету в выбранной кредитной организации.

2. Анализируя анкету заемщика, кредитная организация принимает решение о его кредитоспособности, выносит решение об одобрении (или неодобрении) заемщика, уточняет поданные заемщиком сведения. В процессе кредитного андеррайтинга и в случае одобрения кредитные организации в некоторых случаях также устанавливают предельную величину ссуды для данного заемщика [4].

3. Одобренный заемщик принимает решение о заключении кредитного контракта или не заключении такового. В случае заключения контракта он выбирает величину ссуды (не выше предельной), срок погашения, первоначальный взнос и размер ежемесячного платежа в соответствии с условиями, определенными кредитной программой, а также объект недвижимости для приобретения.

4. Заемщик выбирает стратегию обслуживания долга: обслуживать контракт в соответствии с условиями либо погасить кредит досрочно, допустить просрочку, объявить дефолт или рефинансировать долг.

Эконометрическая модель повторяет шаги структурной модели.

На первом шаге моделируется вероятность подачи заявки на получение ипотечного жилищного кредита  $y_{1it}$ , для оценивания которой используются агрегированные данные по региональному рынку ипотеки:

$$y_{1it} = g_{1t}(z_{1t}) + e_{1it},$$

$$e_{1it} \sim \text{iid}(0, \sigma_{1te_{1it}}^2), z_{1t} = M,$$

где  $t = 1, \dots, T$ ;  $T$  — число месяцев;

$y_{1t}$  — вероятность подачи заявки  $i$ -м потенциальным заемщиком в момент времени  $t$  (рассчитывается как число поданных заявок в месяц, деленное на число домашних хозяйств), одинаковая для заемщиков, подающих заявку в один месяц;

$M$  — вектор экзогенных (формирующихся вне модели) макроэкономических показателей.

На втором шаге оценивается уравнение вероятности одобрения кредитной заявки  $y_{2it}$  для всех поданных заявок:

$$y_{2it} = g_2(z_{2it}^*) + e_{2i}$$

$$y_{2it} = y_{1it} y_{2it}^*$$

$$\text{cov}(e_{1it}, e_{2i}) = \sigma_{12}, i \in N, \text{cov}(e_{1it}, e_{2i}) = 0, i \notin N, z_{2it}^* = (D^*_i, M^*_t),$$

где  $N_t$  — набор индивидов, подавших заявку в момент времени  $t$ ;

$N = (N_1, \dots, N_T)$ ;

$y_{2t}$  — решение об одобрении кредитной заявки  $i$ -го заемщика;

$z_{2it}^*$  — вектор экзогенных индивидуальных демографических характеристик и макроэкономических показателей на дату подачи кредитной заявки.

В случае одобрения кредитной заявки кредитная организация выставляет кредитный лимит. В случае одобрения без выставления лимита данный шаг



и использование данной переменной можно опустить. Кредитный лимит является эндогенной (формирующийся внутри модели) переменной, т. к. выставляется кредитной организацией с учетом потенциальных решений заемщика на следующих шагах. Стандартные методы оценивания в таком случае будут давать смещенные и несостоятельные оценки [5]. Для преодоления данной проблемы используется метод инструментальных переменных (метод оценки параметров регрессионных моделей, основанный на использовании дополнительных, не участвующих в модели параметров), где далее в качестве инструментов используются прогнозные значения эндогенных переменных:

$$\begin{aligned}\bar{L} &= g_L(z^*_{Lit}) \\ \bar{L}_{it} &= y_{2it}\bar{L}_{it} \\ \text{cov}(e_{2i}, e_L) &= \sigma_{2L},\end{aligned}$$

где  $\bar{L}$  – величина кредитного лимита;

$z^*_{Lit}$  – вектор инструментальных демографических характеристик и макроэкономических показателей на дату подачи кредитной заявки.

Следующий этап включает в себя моделирование вероятности заключения кредитного контракта потенциальным заемщиком:

$$\begin{aligned}y^*_{3it} &= g_3(z^*_{3it}, \hat{L}^*_{it}) + e_{3i} \\ y_{3it} &= y_{2it} y^*_{3it} \\ \text{cov}(e_{2it}, e_{3i}) &= \sigma_{23}, \\ z^*_{3it} &= (D^*_i, M_t), \\ \hat{L}^*_{it} &= \hat{g}_L(z^*_{Lit})\end{aligned}$$

где  $y_{3i} = 1$  в случае заключения кредитного контракта;

$z^*_{3it}$  – вектор индивидуальных демографических характеристик и макроэкономических показателей на дату подачи кредитной заявки;

$\hat{L}^*_{it}$  – прогнозная величина кредитного лимита.

Одновременный выбор параметров ипотечного займа и стоимости приобретаемого жилья для всех заемщиков, готовых для заключения кредитного контракта, описывается следующим образом:

$$\begin{cases} \hat{C}^*_{jit} = g_{Cj}(z^*_{Cjit}, \hat{L}^*_{it}, \hat{C}^*_{-jit}, V_i^*) + e_{ji}, \\ \hat{V}^*_{it} = g_V(z^*_{Vit}, \hat{L}^*_{it}, \hat{C}^*_{it}) + e_{vi}, \\ (C_{it}, V_{it}) = y_{3it}(C^*_{it}, V^*_{it}) \\ \text{cov}(e_{3i}, e_{ji}) = \sigma_{3j}, \text{cov}(e_{3i}, e_{vi}) = \sigma_{3v}, \text{cov}(e_{ji}, e_{ki}) = \sigma_{jk}, \text{cov}(e_{ji}, e_{vi}) = \sigma_{jv}, \\ z^*_{jit} = (D^*_i, M_t, F_i), \end{cases}$$

где  $V$  – стоимость приобретаемого жилья;

$C = (C_j, C_{-j})$  – вектор параметров ипотечного займа (сумма кредита, срок кредита, размер первоначального взноса, процентная ставка по кредиту, тип процентной ставки);

$z^*_{jit}$  – вектор индивидуальных демографических характеристик  $D^*_i$ , макроэкономических показателей на дату подачи кредитной заявки  $M_t$  и характеристик приобретаемого жилья  $F_i$ .

Вероятность дефолта (PD)  $y^*_{4it}$  описывается как

$$y_{4it}^* = g_4(z_{4it}^*, \hat{C}_{it}^*, \hat{V}_{it}^*) + e_{4i}$$

$$y_{4it} = y_{3it} y_{4it}^*$$

$$\text{cov}(e_{3it}, e_{4i}) = \sigma_{34},$$

где  $\hat{C}_{it}^*$  — прогнозные значения параметров кредитного контракта;

$\hat{V}_{it}^*$  — прогнозная стоимость приобретаемого жилья.

Таким образом, в заключительном параграфе данной работы была представлена модель вероятности дефолта заемщика при ипотечном кредитовании.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Казарновский П.* Ипотека показала вирусный рост. URL: <https://www.rbc.ru/newspaper/2020/11/11/5faa5a909a7947545ebc5835> (Дата обращения: 10.11.2020).
2. *Зобова Е.В.* Управление кредитным риском в коммерческих банках / Е.В. Зобова, С.С. Самойлова // Социально-экономические явления и процессы. Тамбов, 2012. № 12 (046). С. 74-81.
3. *Пшеничнов Р.В.* Анализ факторов, влияющих на результаты банковской деятельности в сфере ипотечного кредитования. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-faktorov-vliyayuschih-na-rezultaty-bankovskoy-deyatelnosti-v-sfere-ipotechnogo-kreditovaniya> (Дата обращения: 17.12.2020).
4. *Лозинская А.М.* Оценка кредитного риска при ипотечном жилищном кредитовании / А.М. Лозинская, Е.М. Ожегов. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kreditnogo-riska-pri-ipotechnom-zhilischnom-kreditovanii> (Дата обращения: 05.01.202).
5. *Шумейко А.А.* Статистический анализ развития ипотечного кредитования в России // Актуальные вопросы экономики и управления: материалы V Междунар. науч. конф. (г. Москва, июнь 2017 г.). М.: Буки-Веди, 2017. С. 68-73.

## **ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НА ПРОЦЕСС ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕМ**

**А.В. Каравашкин, Е.С. Марков, М.Ю. Чистяков, Г.А. Родина**

Научный руководитель – **Г.А. Родина**, д-р экон. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Изучены особенности изменившегося поведения потребителя в изменившихся условиях мировой экономики. Проведен анализ увеличения доли на рынке компаний, занимающихся Интернет-торговлей.*

*Ключевые слова:* цифровая экономика, технологии, онлайн-торговля.

## **IMPACT OF DIGITALIZATION ON PROCESS OF MAKING A BUYER'S DECISION**

**E.S. Markov, A.V. Karavashkin, M.Y. Chistyakov**

Scientific Supervisor - **G.A. Rodina**, Doctor of Economic Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*Examined specifics of buyer's behavior in changed conditions of world economic. Analyzed share growth of companies, engaged in online trade.*

*Keywords:* digital marketing, technologies, online-trading.

Цифровизация становится одним из факторов экономического развития. Базовыми технологиями цифровой экономики считаются интернет и мобильные коммуникации, они распространены, и это позволяет значительно расширить информационную базу, снизив информационные издержки и создав информационные товары. Так меняется и потребительское поведение. Новый тип потребителей не имеет информационных барьеров и уже распространился в различные сообщества. Смена потребительских идей происходит *очень быстро, предпочтения становятся более подвижными и динамичными.*

*В различных исследованиях были выделены некоторые характерные черты цифровой экономики:*

- Цифровизация позволяет осуществлять множество контактов и операций удаленно, в режиме реального времени.

- Отношения потребителя и производителя изменились. Теперь, потребитель вправе выбирать, какой именно продукт он хочет получить. Увеличилась конкуренция среди производителей: теперь выигрывает тот, кто быстрее и качественнее ответит на желание потребителя.

- Цифровая экономика обеспечивает создание новых рынков товаров и услуг.

- Как коммерческие, так и государственные, услуги и товары становятся доступнее: теперь практически каждый человек имеет возможность воспользоваться необходимой услугой или приобрести нужный товар.

- Контент, предоставляемый цифровой экономикой, является более разнообразным, качественным и быстрым.

- Информация и нематериальные активы растут в своей значимости. Цифровые активы могут использоваться неограниченным количеством людей, легко копироваться и распространяться.

- Человеческий капитал приобретает ценность. Уровень цифровой грамотности персонала становится одним из важных факторов дальнейшего развития компании.

Для того, чтобы оценить влияние цифровых технологий на маркетинговую деятельность компаний в целом, и систему коммуникаций в частности, важно определить изменения и предпочтения потребителей на этапах процесса покупки (до покупки, на этапе совершения покупки и после покупки) в зависимости от общих изменений внешней среды и появления конкретных цифровых устройств. Цифровые технологии оказывают существенное влияние на процессы сбора, поиска и обработки информации потребителями, важную роль в новых условиях могут играть средства поддержки принятия решений. Потребители проходят через различные этапы процесса покупки, начиная с осведомленности, знакомства, сравнения, оценки и покупки. Если в результате покупки определенного бренда потребитель получает ожидаемую полезность, то он с большей вероятностью станет лояльным клиентом. В традиционных офлайн-средах время принятия решения потребителем может быть довольно продолжительным, особенно на этапах рассмотрения и оценки, в то время как в цифровой среде эти этапы могут быть существенно сокращены или вовсе отсутствовать. Потенциальные покупатели имеют возможность отбирать информацию, которую по специальным запросам предоставляют поисковые системы; читать отзывы других клиентов на сайтах розничных торговцев или даже на сторонних форумах, не контролируемых продавцами/производителями. Таким образом, в цифровой среде клиенты могут двигаться по пути принятия решений принципиально по-новому.

В условиях коронавируса стало активно развиваться онлайн торговля. Например, в Китае, 6 февраля 2020 г. Министерство коммерции и Национальная комиссия здравоохранения страны опубликовали «Руководство розничным

продавцам и предприятиям общественного питания по осуществлению профилактических мер в условиях распространения коронавируса нового типа». В результате, все крупные и средние онлайн-фирмы, стали внедрять стандарты «бесконтактной доставки» товаров. Это привело к значительному росту онлайн-продаж. Несколько примеров: популярный сервис доставки продуктов Miss Fresh в 4 раза увеличил количество онлайн-заказов на продукты по сравнению с аналогичным периодом прошлого года; было продано 40 млн товаров из категории продуктов питания.

Рост онлайн-продаж лидера китайской электронной коммерции JD сервиса Dada, у которого продажи свежих продуктов увеличились на 215 %, за 10 дней после 25 января компания продала более 15 тыс. т. продовольственных товаров.

В новых условиях нашли свою нишу супермаркеты и гипермаркеты. Так, крупнейший в стране розничный оператор Sun Art Retail Group, управляющий 486 гипермаркетами по всей стране, закрыл в разгар эпидемии 80 % своих торговых точек, однако прибыль компании не снизилась благодаря собственной службе доставки онлайн-заказов, которая работала через мобильное приложение и социальную сеть WeChat.

Еще один впечатляющий пример в онлайн-торговле – деятельность популярного китайского ритейлера Yonghui Group, управляющего более 800 супермаркетами в КНР, фактический объем транзакций компании которого увеличился на 465 %, а онлайн-продажи возросли на 600% в годовом исчислении. [2]

Естественно, в этот период образовались и новые, с которыми сталкивалась онлайн-торговля – это нехватка курьеров, из-за того, что часть из них оставалась на карантине, а другие требовали большей оплаты за повышенные риски. Тем не менее, Китай показал в очередной раз, что является одним из лидеров в электронной коммерции.

В России ситуация в период пандемии складывалась следующим образом: более 100 миллиардов выручки российские покупатели принесли гигантам интернет-торговли. Это Aliexpress, Wildberries, Ozon. В список также вошли Tmall и российские продавцы Aliexpress.

Жители России постоянно заказывают товары через интернет, и всё идет к тому, что онлайн-торговля становится главным источником продаж. Так, например, Wildberries обрабатывает 33 % от общего объема онлайн-заказов в России.

С начала режима самоизоляции в апреле 2020 года оборот крупнейших ритейлеров увеличился почти на 24 % по сравнению с мартом и на 36 % по сравнению с апрелем прошлого года. Заказов стало на 25 % больше.

Таким образом, большой рост заметен в нескольких направлениях. Это продукты питания, товары для детей, дом и сад, хобби. Выделить можно нишу продуктов питания: люди стали заказывать больше еды через интернет, а оборот магазинов увеличился почти в 2,5 раза по сравнению с аналогичным пери-

одом прошлого года. В свою очередь упали продажи техники и электроники, зоотоваров, косметики, мебели, подарков и сувениров.

Следует также отметить, что на сегодняшний день цифровизацию ритейла в значительной степени определяет изменение характера и модели поведения современного потребителя. Это обусловлено, в том числе, изменением среды – быстрым развитием технологий, возникновением цифровых экосистем и инновационных бизнес-моделей. Современные потребители активно используют цифровые технологии и множество разных каналов для получения информации. С помощью цифровых технологий можно повысить эффективность операционной деятельности, соответственно, уменьшить себестоимость товаров и сделать их доступнее на рынке. При этом многие ритейлеры отмечают, что большинство потребителей положительно относятся к техническим новшествам и охотно используют их в торговых объектах и повседневной жизни.

Подводя итог, цифровая торговля постепенно набирает популярность, начинает вытеснять «традиционную». В результате появляется особый тип «товара», представляющий собой его цифровые формы. Развитие цифровой торговли позволяет сократить количество посредников между потребителем и производителем, что также ведет к изменениям в цепочках создания. Неопровержимым фактом является то, что в большинстве стран мира цифровизацию признают эффективным механизмом экономического роста, понимая положительное воздействие технологий на эффективность, качество, стоимость и результативность различной деятельности. Развитие Интернет-торговли взаимосвязано с цифровизацией и подвержено воздействию ряда факторов, которые в определенный момент могут увеличить объемы продаж, а, значит, удовлетворить потребительский спрос.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Андреева А.В.* Система маркетингового управления продвижением банковских продуктов на основе новых информационно-сетевых технологий // Государственное и муниципальное управление. Ученые записки СКАГС. 2016. № 3. URL: <https://www.cyberleninka.ru/article/n/sistema-marketingovogo-upravleniya-prodvizheniembankovskih-produktov-na-osnove-novyh-informatsionno-setevyih-tehnologiy>.
2. *Жамхарян Г.Г.* Развитие интернет-торговли в эпоху цифровизации // Актуальные исследования. 2020. №10 (13). Ч.II. С. 79-83. URL: <https://apni.ru/article/854-razvitie-internet-torgovli-v-epokhu-tsifroviz>
3. *Крылов А.В.* Особенности рекламы и продвижения в условиях кризиса // Организация продаж банковских продуктов. № 4. URL: <http://bankir.ru/technology/article/1562651>.
4. *Сергеева Ю.* Интернет в 2018: статистика и тренды. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.web-canape.ru/business/internet-2017-2018-v-mire-i-v-rossii-statistika-i-trendy>.
5. Цифровая революция определяет поведение потребителей // Исследование компании PwC. URL: <https://www.pwc.ru/ru/retail-consumer/publications/retail-rus/gcisconsumer-ru-final.pdf>.

## **ERP-СИСТЕМЫ КАК ОСНОВА УПРАВЛЕНИЯ СОВРЕМЕННЫМ ПРОМЫШЛЕННЫМ ПРЕДПРИЯТИЕМ**

**Д.С. Коровкина, Е.В. Ломанова**

Научный руководитель – **Е.В. Ломанова**, канд. экон. наук

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
им. П.А. Соловьева

*Рассматриваются виды ERP-систем, их роль в работе промышленных предприятий, влияние их внедрения на бизнес-процессы.*

**Ключевые слова:** ERP-система, бизнес, производство, индустрия, ИТ, управление, ресурс.

## **ERP SYSTEMS AS THE BASIS FOR MANAGING A MODERN INDUSTRIAL ENTERPRISE**

**D.S. Korovkina, E.V. Lomanova**

Scientific Supervisor – **E.V. Lomanova**, Candidate of Economics Sciences

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The types of ERP systems, their role in the work of industrial enterprises, the impact of their implementation on business processes are considered.*

**Keywords:** ERP-system, business, development, industry, IT, management, resource.

В современном обществе ни один бизнес не может существовать без цифровых технологий. Кто-то максимально интегрировал ИТ в свой проект, кто-то фрагментарно, однако, ни одна фирма, даже микропредприятие, не сможет обойтись без минимального набора ИТ-продуктов. Зачастую, именно небольшие предприятия более консервативны и редко фокусируются на вопросе цифровизации бизнеса. Когда производственный процесс включает в себя немного этапов, процесс управления бизнесом строится чаще всего на единоличном администрировании, которого для таких масштабов производства достаточно. Однако, когда фирма активно развивается, берет курс на масштабирование производства, рано или поздно ограниченность управленческих ресурсов руководства предприятия приводит в тупик. Процесс управления производственными ресурсами требует большего охвата всех элементов и

поддержания баланса между ними. Появляется острая потребность в оперативном представлении информации для принятия управленческих решений. В такой ситуации, важно вовремя принять стратегическое решение по модернизации управленческого процесса, иногда за счет перестраивания бизнес-процесса. Ключом к решению этой проблемы может стать внедрение ERP-системы.

ERP (англ. Enterprise Resource Planning, планирование ресурсов предприятия) – организационная стратегия интеграции производства и операций, управления трудовыми ресурсами, финансового менеджмента и управления активами, ориентированная на непрерывную балансировку и оптимизацию ресурсов предприятия посредством специализированного интегрированного пакета прикладного программного обеспечения, обеспечивающего общую модель данных и процессов для всех сфер деятельности [1].

ERP-система – конкретный программный пакет, реализующий стратегию ERP. Она позволяет применить принципиальный подход к использованию единой модели транзакционной системы, преодолевая функциональную и территориальную разобщенность. Внедряя ERP-систему, предприятие интегрирует все бизнес-процессы, обеспечивая согласованность всех видов деятельности. Кроме того, решается проблема consistency информации. Наиболее важные свойства информации, такие как полнота, достоверность, оперативность, доступность реализуются на качественно новом уровне.

По назначению ERP-системы выделяют:

1. Комплексные (используются на крупных предприятиях, включают в себя максимальный набор инструментов и модулей автоматизации, проработанные механизмы интеграции);

2. Отраслевые (имеющие специфический функционал, характерный для предприятий определенной отрасли);

3. ERP-системы для малого бизнеса (бюджетные системы, включающие в себя минимальный набор функций, позволяющий удовлетворить потребность малого предприятия) [2]. ERP-системы с единой архитектурой единый инструмент, который включает в себя исчерпывающий набор функций. Основным преимуществом таких систем является надежность, основным недостатком — проблематичность расширения, адаптации системы. Более гибким вариантом являются модульные решения, которые позволяют автоматизировать отдельные элементы бизнес-процесса и интегрироваться с другими модулями. [2]

Рассмотрим на примере малого машиностроительного предприятия ООО «Техно-центр», где численность сотрудников не превышает ста человек, что представляет собой проблема ограниченности управленческих ресурсов, которая может быть решена с помощью внедрения ERP-системы.

Многие бизнес-процессы на предприятии не систематизированы, охвачены фрагментарной автоматизацией, развивались по функциональным блокам управления и не взаимосвязаны между собой. Это приводит к высокой



степени зависимости от человеческого фактора, невозможности оперативного принятия решения, высокой частоте ошибок рутинного характера. Можно выделить следующие основные проблемы:

- недостаточная согласованность материально-технического снабжения с производством и складским учетом;
- длительность и трудоемкость составления и корректировки планов КБ, ОГТ, производства;
- слабый контроль выполнения заказов по этапам коммерческого и производственного цикла;
- недостатки в текущем и перспективном финансовом планировании, обусловленные несогласованностью отдельных функциональных блоков менеджмента.

Внедрение и настройка ERP-системы позволит систематизировать бизнес-процессы предприятия, снизить длительность подготовки управленческих решений, сформировать эффективную модель управления бизнесом.

Ключевыми пользователями будут являться: директор (заинтересован в повышении эффективности управления предприятием), технический директор (заинтересован в автоматизации планирования работы предприятия и оперативности поступления данных в подразделения), специалисты ОМТС (заинтересованы в автоматизации определения потребности в ТМЦ), работники склада (заинтересованы в автоматизации и внедрении системного подхода при учете материалов и комплектующих на складе), специалист по сбыту (заинтересован в автоматизации учета и контроля отгрузки готовой продукции, контроля выполнения плана договора), заместитель директора по производству (заинтересован в контроле выполнения ключевых стадий заказа), финансовый

директор (планирование финансовых ресурсов с учетом планируемых поступлений и направлений расходования денежных средств).

Сейчас, в XXI веке на пороге шестого технологического уклада, к которому подошли только высокоразвитые страны, речь идет о полном проникновении интернета и искусственного интеллекта во все сферы экономики, т.е. переходе к цифровизации экономик всех стран, которая должна кардинально изменить весь мир, а не только высокоразвитые страны.

Цифровая экономика – хозяйственная деятельность, в которой ключевым фактором производства являются данные в цифровом виде, обработка больших объемов и использование результатов анализа которых по сравнению с традиционными формами хозяйствования позволяют существенно повысить эффективность различных видов производства, технологий, оборудования, хранения, продажи, доставки товаров и услуг. Внедрение цифровой экономики представляет часть реализации Программы «Индустрия–4.0» и будет развиваться за счет функционирования так называемых цифровых предприятий. Цифровая экономика – это не только технологии, но и бизнес модели, ориентированные на постоянно находящихся в сети пользователей, позволяющие быстро создавать и развивать рынки, увеличивать прибыль.

Внедрение «Индустрии 4.0.» требует от промышленных предприятий легкой промышленности цифрового проектирования и моделирования технологических процессов, объектов, изделий на всем жизненном цикле от идеи до эксплуатации. Программа «Индустрия–4.0» предусматривает цифровизацию и интеграцию технологических, производственных и бизнес-процессов по вертикали в рамках всего предприятия, начиная от разработки продуктов и закупок и заканчивая производством, логистикой и обслуживанием в процессе эксплуатации [3].

ERP-система является важнейшей частью цифрового хребта современного предприятия. Любой бизнес, желающий быть конкурентоспособным в эпоху «Индустрии 4.0», должен иметь ERP-систему, ориентированную на те же технические столпы, которые предлагает «Индустрия 4.0». Современные ERP-системы должны разрабатываться с учетом следующих принципов:

1. ERP-система должна быть облачным приложением. Это повысит доступность приложения, а также минимизирует риск потери данных

2. ERP-система должна иметь внешний API для интеграции со сторонними и внутренними системами, а также для улучшения масштабируемости инфраструктуры предприятия. Появление интернета вещей позволяет сделать практически любое устройство умным. Чем больше устройств будет подключено к системе, тем больше контроля.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бунтова О.Г.* Введение в ERP-системы. SAP, “Галактика ERP” // Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный университет им. А. М. Горького». URL: [http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/1361/4/1324613\\_schoolbook.pdf/](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/1361/4/1324613_schoolbook.pdf/).
2. *Терехов А.Н.* Эффективность внедрения ERP-системы. 2015. URL:[http://citforum.ru/consulting/ERP/atk\\_tco.shtml](http://citforum.ru/consulting/ERP/atk_tco.shtml).
3. *Левин Ю.А.* Инновационное развитие хозяйственных систем: формирование цифровой экономики / Ю.А. Левин, Л.П. Полетаева // Инновации и инвестиции. № 11, 2017. С.7-10.

## **ВЛИЯНИЕ КРИЗИСА НА ВЕРОЯТНОСТЬ ДЕФОЛТА ПРОДУКТОВОГО РИТЕЙЛА**

**В.Д. Кульпинова, М.И. Маркин**

Научный руководитель – **М.И. Маркин**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Целью статьи является изучение бизнес-решений компаний различных отраслей и выявление направлений трансформации бизнес-модели в контексте различных кризисных периодов, в частности в период финансового кризиса 2008–2009 гг. и кризиса, связанного с пандемией 2020 г.*

***Ключевые слова:** Экономический кризис, управление устойчивостью организации, бизнес-модель, кризис 2008 г., кризис 2020 г.*

## **THE IMPACT OF THE CRISIS ON THE PROBABILITY OF DEFAULT OF FOOD RETAIL**

**V.D. Kulpinova, M.I. Markin**

Scientific Supervisor - **M.I. Markin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*The purpose of this article is to study the business decisions of companies and identify successful approaches to transforming the business model in the context of various crisis periods, in particular during the financial crisis of 2008–2009 and the crisis caused by the 2020 pandemic.*

***Keywords:** Economic crisis, organizational sustainability management, business model, 2008 crisis, 2020 crisis.*

Правильной стратегией привлечения для компании в период развития кризиса было увеличение присутствия в каналах, где фокусировалось внимание пользователей, и адаптация к новому информационному полю. Практически все дополнительное образование в России с приходом пандемии вынуждено было перейти на онлайн-формат. Офлайн-площадки пришлось закрыть, а спустя почти полгода с момента начала ограничительных мер компании индустрии не спешат возвращаться к традиционной модели. Так, сеть школ иностранных языков ВКС-ИН закрыла несколько школ и предлагает осенний сезон

в онлайн-режиме для детей и в двух режимах для взрослых. Обучение по Skype и раньше было востребовано теми, у кого напряженный график и для кого посещение занятий в фиксированное время затруднительно. Групповые занятия, особенно для детей, проводились в классах. Сегодня онлайн-обучение выбирают по причине безопасности. Данная модель имеет как плюсы, так и минусы: например, занятия для детей онлайн не так эффективны. Вузы и бизнес-школы, особенно зарубежные, приостановили очные программы профессиональной переподготовки и повышения квалификации, но более активно стали внедрять онлайн-программы и видят будущее за гибридными формами, которые расширяют границы и возможности получения дополнительного образования из любой точки мира. Изменился и контент программ обучения, особенно востребованными в Колумбийском университете стали короткие (трехчасовые интенсивные программы и 6-дневные программы по 3 часа), которые освещают текущую экономическую ситуацию и рассматривают необходимые сегодня бизнес-решения, связанные с новой реальностью. Если раньше компании нанимали консультантов, представителей консалтинговых компаний, то сегодня на базе бизнес-школы возможно получить консультацию профессора университета и профильных экспертов представителей компаний различных отраслей. Узкопрофильные краткосрочные программы нацелены именно на персональный подход.

По мнению крупной консалтинговой компании Interbrand, глобальные события изменили поведения клиентов в краткосрочной перспективе, но создали новую реальность в долгосрочной. Как полагает другое известное брендинговое агентство Brandchannel, в условиях стремительного глобального кризиса, такого как нынешняя вспышка коронавируса, бренды играют важную роль. Репутация может быть достигнута путем активизации ценности бренда во время кризиса и столь же быстро потеряна оппортунистическим поведением. Действия, которые создают ценность для сообществ, клиентов и сотрудников, являются смелыми и умными. Поэтому, на наш взгляд, компании практически любой отрасли в текущий кризисный период необходимо было начинать со следующих изменений:

- трансформации бизнеса с учетом интересов общества;
- разделения ответственности и проблем с государством, гражданами, клиентами, сотрудниками;
- взаимопомощи и совместных действий.

Ресторанная сеть KFC силами своих представительств по всему миру разработала различные меры поддержки для сотрудников, граждан, сотрудничая с различными организациями. Так, в России для своего персонала компания предусмотрела заключение договора с сетями розничной торговли Ozon, Metro, «Глобус» и компанией Unilever о временном трудоустройстве. Когда часть ресторанов была закрыта, сотрудники KFC могли выйти на работу в эти компании в качестве операторов-фасовщиков, сборщиков заказов, продавцов-логистов, кассиров и работников торгового зала. С ресторанами KFC и «Бур-

гер Кинг» договорилась торговая сеть «Магнит» — на время карантина их сотрудники могли временно трудоустроиться в магазины. Для семей с детьми, оказавшихся в сложной ситуации во время эпидемии, KFC и партнер в России благотворительный фонд «Фонд продовольствия «Русь» предусмотрели адресную помощь в виде продуктовых наборов. В рамках глобальной инициативы материнской компании Yum! Brands на их поддержку KFC выделил фонду «Русь» грант в размере 100000 долларов США. В США KFC отправила 1 миллион кусочков курицы в свои более чем 4000 американских ресторанов на пожертвования и раздачу еды различного персоналу.

Текущий кризис указал на актуальность такого направления, как маркетинг лояльности. В традиционном маркетинге принято, что программы лояльности должны формировать лояльность клиента к бренду компании. Сегодня компании и клиенты поменялись местами, теперь брендам необходимо демонстрировать лояльность к своим клиентам, а не наоборот. Если раньше, совершая покупки, клиент накапливал баллы и получал дополнительные бонусы и скидки, то теперь бизнесу необходимо «бегать» за клиентом и постоянно соответствовать его ценностям, чтобы он остался с ним. Если компания демонстрирует равнодушие к клиенту и преследует только собственную выгоду, ничего не меняя в связи с существенными изменениями в культуре потребления и внешней среде, ей будет сложно удержать клиента и тем более его вернуть. Со значительными сложностями столкнулись компании индустрии туризма. Кризис 2020г.изменил характер спроса на путешествия там, где рынок начинает восстанавливаться. Изменения в потребительском поведении туристов произошли и в результате кризиса 2008г., когда клиент обратился в сторону внутреннего туризма.

Все кризисы дают возможность привести перемены, и зачастую они оказываются удачными. В настоящий момент компаниям следует пересмотреть свои бизнес-модели и повысить устойчивость, реализуя следующие действия:

1) в период кризисов необходимо, прежде всего, концентрироваться не на минимизации ущерба и восстановлении прежних объемов, а на создании конкурентных преимуществ. Многие решения могут оказаться в результате инновационными. Копирование бизнес-решений не приведет к созданию конкурентных преимуществ;

2) оперативные действия, вызванные кризисом, не должны быть разовыми. Компания должна быть готова к переменам и относиться к ним как к данности. Необходимо на основе бизнес-решений создать долгосрочные преимущества. Кризисы могут быть лучшим предлогом для ускорения долгосрочных трансформационных изменений. Поэтому одной из ключевых задач для лидеров является смещение временных рамок организации;

3) менеджерам организаций следует развивать системный взгляд. В стабильные времена компания рассчитывает на максимизацию производительности с данной бизнес-моделью. Устойчивость, напротив, предполагает рассмот-

рение отношений между компонентами бизнеса или между бизнесом и его средой в условиях стресса. Это требует системного мышления и системных решений, которые, в свою очередь, зависят от сотрудничества между персоналом, клиентами и другими заинтересованными сторонами;

4) к оценке результатов деятельности необходимо подходить гибко. Жизнеспособность бизнеса определяется не только показателями извлеченной прибыли, которые, как правило, ориентированы назад. Измерение гибкости, адаптации и других компонентов устойчивости имеет решающее значение для построения устойчивого бизнеса. Для этого необходимо взглянуть на преимущества или открывающиеся возможности;

5) разработка различных сценариев развития событий помогает эффективнее справиться с проблемой и оперативнее принять антикризисные меры. Устойчивость зависит от способности генерировать альтернативные способы реагирования на ситуации, что, в свою очередь, зависит от способности видеть вещи свежим взглядом. В устойчивых предприятиях поощряют когнитивное разнообразие;

6) изменения следует практиковать на постоянной основе. Устойчивость заключается не столько в периодических корректировках в экстремальных условиях, сколько в создании организаций и вспомогательных систем, основанных на постоянных изменениях и экспериментах. Это отчасти делается для того, чтобы избежать радикальных перемен, а отчасти потому, что итеративная инкрементная корректировка гораздо менее рискованна, чем массивная однократная трансформация.

Поскольку основное направление бизнес-образования и управленческой практики сосредоточено на управлении производительностью, устойчивость представляет собой не только возможность снизить риск, но и возможность получить конкурентное преимущество для предприятий, которые решили сосредоточиться на нем. В современном деловом мире преходящее преимущество является обычным явлением; это устойчивая работа устойчивых компаний, которые стоят особняком. Все эти рекомендации не являются новыми, поскольку многие отрасли уже давно живут в быстроменяющейся среде [Захарова, 2018], однако если в более стабильное время компании могли держаться за прежние преимущества и извлекать краткосрочную выгоду, то сегодня прежние модели просто могут уже не работать. Кризисы обладают одним и тем же свойством, и неважно, дефолт ли это национальной валюты в 1998 г., мировой финансовый кризис 2008–2009 г., кризис в Еврозоне 2011–2012 гг. или текущий кризис 2020 г., вызванный пандемией, все кризисы объединяет наличие крайне плохих результатов, вызывающих неопределенность, высокий рост безработицы, крайне отрицательный рост ВВП, рост смертности.

Сравнивая подходы компаний к тактике ведения бизнеса в разные кризисные периоды, можно сделать следующий вывод: к клиентам и персоналу необходимо относиться бережно, на это указывают примеры компаний, проявивших себя с положительной стороны и в кризис 2008 г., и 2020 г.; только

правдивая позиция, солидарная работа и совместное решение проблем помогут обеим сторонам с плюсом выйти из кризиса; трансформации в бизнес-модели необходимо воспринимать как неизбежность, не заикливаясь на проблеме, а как можно быстрее найти пути ее решения и реализовать то, что казалось невозможным и рискованным ранее. Чем сильнее компания интегрирована в вышестоящие системы, тем больше у нее может возникнуть новых коопераций и, как результат, новых направлений развития.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Васин Н.С.* Управление устойчивостью предприятия в условиях цифровой экономики // *Экономический анализ: теория и практика.* 2018. Т.17. № 6. С. 1100–1113.
2. *Захарова И.А.* О необходимости создания краткосрочных преимуществ // *Государственное управление. Электронный вестник.* 2018. № 71. С.21–39.
3. *Исаева А.Э.* Критическое осмысление концептуальных подходов к анализу бизнес-моделей / А.Э. Исаева, Ю.Ю. Петрунин, В.М. Пурлик // *Вестник Московского университета. Серия 21: Управление (государство и общество).* 2020. № 1. С. 3–21.
4. *Плиев А.А.* Стратегия антикризисной политики банка в условиях последствий мирового финансового кризиса// *Финансовая экономика.* 2010. № 4. С. 17–2
5. *Тебекин А.В.* О глубине кризиса 2020-го года для мировой и национальной экономик и путях выхода из него // *Журнал экономических исследований.* 2020. Т. 6. № 2. С. 52–71.
6. *Усоскин В.М.* Антикризисная политика центральных банков в 2007–2014 годах: цели, особенности, результаты // *Деньги и кредит.* 2015. № 6. С.20–27.
7. *Kozłowski J.* Scarring Body and Mind: The Long-Term Belief-Scarring Effects of COVID-19 / J. Kozłowski, L. Veldkamp, V. Venkateswaran // *Federal Reserve Bank of St. Louis. Working Paper 2020-009A.* 2020.

## **НЕДОБРОСОВЕСТНАЯ РЕКЛАМА: МНОГО ЛИ ЕЁ В НАШЕЙ ЖИЗНИ?**

**В.В. Макурина, Д.О. Михайлова, Г.А. Родина**

Научный руководитель - **Г.А. Родина**, д-р экон. наук, профессор

Ярославский государственный технический университета

*В данной статье анализируются признаки недобросовестной рекламы как нарушения законодательства о рекламе и её частота появления.*

***Ключевые слова:** реклама, недобросовестная реклама.*

## **UNFAIR ADVERTISING: IS THERE A LOT OF IT IN OUR LIFE?**

**V.V. Makurina, D.O. Mikhailova, G.A. Rodina**

Scientific adviser – **G.A. Rodina**, Doctor of Economic Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*This article analyzes the signs of unfair advertising as a violation of advertising legislation and its frequency of occurrence.*

***Keywords:** advertising, unfair advertising.*

Когда не было газет, брошюр, а уж тем более и Интернета, продавцы криком рекламировали свой товар, подзывая к себе людей. Об этом свидетельствует высказывание древнеримского философа стоика Сенека (4 г. н.э. - 65 г.): «Сейчас вокруг меня со всех сторон - многоголосый крик: ведь я живу над самой баней. Вот и вообрази себе все разнообразие звуков, из-за которых можно возненавидеть собственные уши». [1]

В настоящее же время существует множество определений понятия «реклама». В словаре С.И. Ожегова даётся её чёткое определение: «Реклама – оповещение различными способами для создания широкой известности, привлечения потребителей, зрителей, а также объявление с таким оповещением». [2]



Также данное понятие имеет и официальное определение в Федеральном законе «О рекламе», которое гласит: «Реклама — информация, распространяемая любым способом, в любой форме и с использованием любых средств, адресованная неопределённому кругу лиц и направленная на привлечение внимания к объекту рекламирования, формирование или поддержание интереса к нему и его продвижение на рынке». [3]

«Большой экономический словарь» указывает в определении следующее: «Реклама является составной частью маркетинга, которая обеспечивает продвижение товара на рынке». [4]

В качестве культурологического подхода к рекламе обратимся к российскому учёному в сфере социологии, психологии и философии рекламы Олегу Феофанову. В своей книге «Реклама: новые технологии в России» он писал: «Не берусь утверждать, что реклама — это высшее достижение культуры. Но мне кажется, что она составляет значительную часть так называемой «массовой культуры», самой популярной и вездесущей. Конечно, массовая культура — феномен очень сложный и неоднозначный. И по-разному интерпретируется. В моем понимании, массовая культура — это культура и искусство, адаптированные для сферы досуга». [5]

Таким образом, реклама является информацией в любом виде, но при этом она не должна нарушать установленные рамки действующего законодательства.

Но в связи с тем, что современная рыночная арена имеет «кровопролитный» характер, реклама содержит в себе как положительные, так и отрицательные стороны, и для того, чтобы стабилизировать ситуацию, в 1995 году был принят Федеральный закон Российской Федерации «О рекламе», предотвращающий нанесения вреда гражданам, юридическим лицам, окружающей среде, а также общественным интересам, гуманности и морали.

Но, к сожалению, недобросовестную рекламу всё чаще и чаще используют в современном обществе, чтобы иметь преимущества перед своими конкурентами.

С точки зрения Федерального закона «О рекламе», реклама, которая очерняет репутацию конкурентов, является недобросовестной. Так, примером является случай, который произошёл с рекламной кампанией кваса «Очаковский» в октябре 2014 года. Её суть состоит в том, что бренд решил подчеркнуть национальную идентичность данного продукта и противопоставить его западным конкурентам, которые также производят квас в России. На рисунке 1 изображён рекламный баннер, на котором представлена таблица, где напротив марки напитка, стилизованной под название спортивной команды, стояло имя производителя и страна его происхождения: «Очаковский» (Россия, «Очаково»), «Русский дар» (США, «Пепсико»), «Хлебный край» (Дания, «Балтика») и «Никола» (Сейшельские острова, «Дека»).



**Рис. 1. Изображение рекламного баннера**  
(Источник: <https://pravo.ru/news/view/115903/>)

К недобросовестной рекламе относится и реклама, которая несёт в себе негативное сравнение товаров других компаний. В качестве примера возьмём ситуацию, которая произошла с мобильным ритейлером «Евросеть», представившим рекламу смартфона Samsung Galaxy S6 Edge следующим образом: в данном рекламном ролике была произнесена фраза, которая не понравилась московскому управлению ФАС: «Вот это флагман. Не то, что «Глюк» фруктовой компании. Реально крутой». Стоит отметить, что утверждений, по каким критериям смартфон от Samsung лучше конкурента не было, и поэтому данный рекламный ролик содержит ещё и некорректное сравнение товаров.

Также не допускается реклама, которая содержит недостоверные сведения. Например, рекламная кампания «Мегафон» в октябре 2014 года содержала в себе серии рекламных роликов, где школьник накануне Дня знаний просит родителей купить ему планшет Megafon Login 3. Однако, цена, указанная крупным шрифтом, разнится с ценой, которая указана в примечании (рисунок 2).



**Рис. 2. Недобросовестная реклама продукции от компании «Мегафон»**  
 (Источник: [https://www.youtube.com/watch?v=yZ\\_FczeZFLc](https://www.youtube.com/watch?v=yZ_FczeZFLc))

Реклама, имеющая копирование, также является недобросовестной. Случай, произошедший 7 октября 2020 года, когда ФАС России наложила административные штрафы за недобросовестную конкуренцию на ООО «Эко-продукт», является отличным примером. Причиной наложения санкций стало то, что предприятие имитировало продукцию конкурента и использовало название «Лидский квас», но не имела к нему ни территориального, ни юридического отношения.

Но какие же всё-таки правовые последствия влекут за собой действия, являющиеся актом недобросовестной конкуренции в рекламе? Если обращаться к статье 31 Федерального закона «О рекламе», то юридические лица или граждане, являющимися, к примеру, рекламодателями, несут за собой гражданско-правовую, уголовную и административную ответственность. Обратимся же к статистике Федеральной антимонопольной службе за 2018 и 2019 год, которая представлена в таблице 1 [6].

**Таблица 1. Статистика недобросовестной рекламы в Российской Федерации**

Показатель	2019	2018
Процент нарушения распространения недостоверной рекламы	22,40 %	18,24 %
Процент нарушения рекламы финансовых услуг	22,10 %	12,75 %
Процент нарушений в рекламе алкоголя	9,12 %	4,77 %
Процент рекламы, вводящей в заблуждение	14,45 %	11,56 %
Процент незтичной рекламы	2,42 %	1,35 %
Процент нарушений рекламы по сетям электросвязи	12,86 %	20,04 %
Процент нарушений в рекламе лекарств, медицинских услуг и БАДов	4,42 %	7,57 %

Таким образом, исходя из табличных данных, можно сделать вывод о том, что процент использования недобросовестной рекламы стремительно растёт, кроме запрещённой рекламы лекарств, медицинских слуг и БАДов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сенека Л.А.* Нравственные письма к Луцилию. М: Наука, 1977. 124 с.
2. *Ожегов С.И.* Толковый словарь Ожегова. М: Русский язык, 1990. 921 с.
3. Закон Российской Федерации от 13.03.2006 № 38-ФЗ (ред. от 31.07.2020) «О рекламе» // Собрание законодательства Российской Федерации от 20.03.2006. №12. ст. 1232.
4. *Азрилиян А.Н.* Большой экономический словарь: 25000 терминов. М: Институт новой экономики, 2010. 1472 с.
5. *Феофанов О.А.* Реклама: новые технологии в России. СПб: Питер, 2000. 384 с.
6. Статья «ФАС в СМИ: почти каждое пятое нарушение в рекламе в 2019 году касалось финансовых услуг // Федеральная антимонопольная служба Российской Федерации. URL:<https://fas.gov.ru/publications /20657>.

## УПРАВЛЕНИЕ КОНФЛИКТАМИ В ОРГАНИЗАЦИИ

**Е.С. Маслова, И.В. Иванова**

Научный руководитель – **И.В. Иванова**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
им. П.А. Соловьева

*Рассматривается понятие конфликта, типы конфликта, способы преодоления конфликта, а также роль руководителя в управлении конфликтами.*

**Ключевые слова:** типология конфликтов, понятие, конфликт в социальной организации

## MANAGING CONFLICTS IN AN ORGANIZATION

**E.S. Maslova, I.V. Ivanova**

Scientific Supervisor - **I.V. Ivanova**, Candidate of Technical Sciences,  
Associated Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*Abstracts. The concept of conflict, types of conflict, ways to overcome the conflict, as well as the role of the manager in conflict management are considered.*

**Keywords:** typology of conflicts, concept, conflict in a social organization

Конфликт – достаточно типичная для организации форма противоречия.

Природа конфликта в некоторой степени заложена в особенностях функционирования организации, которые заключаются в следующем:

- в организации существует четкая ролевая структура. На первый план выдвигаются профессиональные качества, и работник находится в определенной «несвободе» исполнения ролей. Однако, личные качества в человеке-работнике за редким исключением преобладают. И в связи с некоторой «замаскированностью» их недоучитывают в процессе деятельности;

- локальный характер функционирования организации. В организации существует свой микроклимат, человек находится у всех на виду, анонимность действий исключается;

- внутри организации существуют группы, которые взаимодействуют между собой для достижения цели. Группы, как известно, имеют тенденцию

конкурировать между собой за ресурсы, статус, доход и т.п. Кроме того, для групп характерно такое свойство как референтность. Референтные группы контролируют поведение своих членов, возводя мотивы группы в надиндивидуальные ценности, которые затем могут самостоятельно существовать [1,2].

Согласно исследованиям, в организациях существуют конфликты разного типа. Выделяют горизонтальные (между группами, профессиями) и вертикальные (между работником и руководителем). Особое место занимают позиционные конфликты. Они связаны с разделением организации на департаменты, отделы, которые в своей деятельности преследуют определенную цель. Таким образом, возникает противостояние целей. Позиционный конфликт иногда вводят в структуру организации. Опасность такого конфликта связана с переходом позиционного конфликта на межличностный.

Конфликты в организации изучаемы и измеряемы, а значит, могут быть предотвращены.

В современной научной литературе выделяется множество способов предотвращения конфликта. Один из них связан с изучением уровня удовлетворенности условиями труда в организации. Чем выше уровень удовлетворенности тем, ниже вероятность нарастания социального напряжения, а значит и ниже и вероятность возникновения конфликта.

Несмотря на то, что возникновение конфликтов связано с особенностями функционирования организации, их можно избегать или снижать уровень конфликтности, если руководитель организации будет осознанно применять соответствующие методы и приемы. Иными словами, современный руководитель должен обладать навыками управления конфликтами. Управление конфликтами в организации предполагает системные и целенаправленные воздействия руководителя, связанные с минимизацией причин конфликта, повышение стрессоустойчивости персонала организации; повышение конфликтологической компетенции персонала [3].

Для эффективного управления конфликтами в ряде случаев рекомендуется ввести должность конфликт-менеджера и ввести в систему управления соответствующие функции. В этом случае перед конфликт-менеджером будут ставиться следующие первоочередные задачи:

- сформировать технологию управления конфликтами;
- разработка методик диагностики конфликтов, выявление потребностей управления конфликтами в организации;
- внедрение технологии управления конфликтами;
- разработка системы мотивации для применения технологий управления конфликтами;
- анализ функционирования технологии управления конфликтами.

Технология управления конфликтами должна быть направлена на формирование организационных условий, профилактирующих возникновения конфликтных ситуаций.

Необходимо отметить, что эффективное управление конфликтами должно быть, прежде всего, связано с их предотвращением.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Агафонова М.С.* Управление конфликтами в организации / М.С. Агафонова, Е.В. Полянская // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 7-2. С. 134-135.
2. *Агафонова М.С.* Концептуальная модель управления конфликтами в организации / М.С. Агафонова, А.А. Палеха // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2018. № 8.
3. *Лысков А.Ф.* Человеческий капитал: понятие и взаимосвязь с другими категориями // Менеджмент в России и за рубежом. 2010. № 4. С. 116.

## **ВЛИЯНИЕ ФИНАНСОВЫХ РИСКОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ**

**А.В. Махина, М.А. Угрюмова**

Научный руководитель – **М.А. Угрюмова**, канд. экон. наук,  
доцент

Ярославский государственный технический университет

*В статье представлен обзор методов оценки финансовых рисков. Автор рассматривает предпосылки, достоинства и недостатки, а также представляет классификацию моделей, которые будут объективно отражать состояние предприятия.*

***Ключевые слова:** риск, оценка финансовых рисков, методы оценки, моделирование риска.*

## **IMPACT OF FINANCIAL RISKS THE EFFECTIVENESS OF THE ORGANIZATION'S ACTIVITIES**

**A.V. Makhina, M.A. Ugryumova**

Scientific Supervisor - **M.A. Ugryumova**, Candidate of Economics  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article provides an overview of methods for assessing financial risks. The author considers the prerequisites, advantages and disadvantages, and also presents a classification of models that will objectively reflect the state of the enterprise.*

***Keywords:** risk, financial risk assessment, assessment methods, risk modeling.*

На сегодняшний день одним из наиболее весомых и значимых аспектов в любой производственной и коммерческой деятельности является финансовый риск. В условиях пандемии проблема финансовых рисков коснулась абсолютно все компании, как в нашей стране, так и за рубежом. В экономической и финансовой науке риск является одним из самых главных понятий, от которого зависит эффективность деятельности предприятия. Для принятия верных и взвешенных решений в успешном управлении организации необходимо уделять особое внимание финансовым рискам в условиях постоянно изменяющейся внешней среды.



Рисковый характер предпринимательской деятельности требует уделять пристальное внимание управлению рисками, в особенности финансовыми. Результативность и эффективность управления финансовыми рисками зависит от институциональных и организационных факторов. Как правило, сложность и зрелость организации управления финансовыми рисками зависит от размеров и профиля деятельности. Предпринимательские структуры малого и среднего бизнеса обычно ограничены в своих возможностях, что требует выработки специфичной системы и подходов к управлению финансовыми рисками. Однако особенности управления финансовыми рисками малого и среднего предпринимательства остаются недостаточно изученными.

Говоря о наличии рисков в предпринимательской деятельности, необходимо отметить, что многие списывают различные обстоятельства невозможности исполнения договорных обязательств на предпринимательские риски, которые, естественно, не являются основанием для освобождения от ответственности за неисполнение, в отличие от непреодолимой силы. Категория предпринимательского риска пребывает в постоянной дискуссии. Представляют интерес некоторые высказывания относительно понимания предпринимательских рисков. Так, Ю.Б. Фогельсон понимает риск как «причинение вреда частному лицу в результате воздействия определенной опасности с учетом вероятности причинения этого вреда этой опасностью» [4, с. 76]. В.А. Копылов определяет риск как признак предпринимательской деятельности, который «выражается в осознании субъектом возможности случайного наступления неблагоприятных последствий, а также в его согласии возместить либо принять на себя убытки или вред, возникшие без его вины» [6].

Таким образом, предпринимательский риск – это совокупность различных обстоятельств, как правило, не зависящих от самого предпринимателя. Однако ст. 401 ГК РФ исключает из положений о непреодолимой силе отдельные обстоятельства, которые не зависят от субъекта предпринимательской деятельности [1].

В современной отечественной экономической литературе нет единого подхода к определению сущности финансовых рисков, их классификации, особенностям проявления. Исследование данных вопросов, а также их разработка и внедрение в практику различных компаний, конкретных методик по управлению финансовыми рисками является первоочередной задачей. Для того необходимо осуществление совершенствования методов и инструментов сокращения негативных последствий их проявлений, что приведет к улучшению развития организаций различных форм собственности.

Подходы к оценке и управлению отдельными видами банковских рисков подробно описаны в литературе и применяются на практике. Однако проблемы измерения и построения моделей, агрегирующих данные о факторах риска различной природы (кредитных, рыночных, операционных, бизнес-рисках), не изучены достаточно хорошо. Между проявлениями риска могут существовать взаимосвязи, что также необходимо учитывать при принятии

управленческих решений. Недооценка или переоценка совокупного риска влияют на устойчивость и эффективность функционирования организации. Таким образом, необходимо построение моделей, учитывающих разнообразные факторы рисков и их интегральное влияние на финансовый результат предприятия.

Условия возникновения риска - это ситуация риска, появлению которой всегда сопутствуют три взаимосвязанных условия: наличие неопределённости, выбор альтернатив, возможность оценки вероятности осуществления выбираемых результатов [2, с. 113]. На уровень риска оказывают влияние многие факторы: объем финансово-хозяйственной деятельности; профессиональная подготовка специалистов предприятия; стиль руководства и квалификация персонала; общий концептуальный подход к деятельности в условиях изменения в нормативно-правовой системе; разнообразие видов деятельности предприятия; степень компьютеризации деятельности; надёжность системы внутреннего контроля; частота смены руководства и личные характеристики руководителей; число нестандартных для данной фирмы операций, деловое окружение.

На основе вышесказанного можно прийти к выводу, что управление рисками для обеспечения жизнеспособности и эффективности деятельности предприятия, является циклическим и непрерывным процессом, который координирует и направляет основные виды деятельности. Это целесообразно осуществлять при помощи выявления, контроля и снижения влияния всех видов рисков, включая мониторинг, контакты и консультации, направленные на удовлетворение потребностей населения, без ущерба для возможности будущих поколений удовлетворять свои собственные потребности. Оценка риска приводит к стабильности деятельности предприятия, способствующей его устойчивому развитию. Управление рисками — вклад в устойчивое развитие, является существенным фактором в поддержание и повышение стабильной деятельности предприятия. Активный риск-менеджмент имеет решающее значение для процесса управления, в направлении подтверждения, что риски обрабатываются на соответствующем уровне. Планирование и осуществление управления рисками включает в себя следующие этапы:

- управление рисками;
- определение рисков и степени их влияния на бизнес-процессы;
- применение качественного и количественного анализа рисков;
- разработка и исполнение планов реагирования на риски и их реализацию;
- осуществление мониторинга рисков и процессов управления;
- взаимосвязь между управлением рисками и результатами деятельности;
- оценка общего процесса управления рисками.

Механизм управления финансовыми рисками включает в себя:

- формирование управляющей подсистемы управления рисками, наделение ее полномочиями. Одной из основополагающих компетенций данной организационной структуры является разработка методик идентификации финансовых рисков, разработка механизма оптимизации бизнес-процессов в условиях неопределенности действия внешних и внутренних факторов;

- разработка основных направлений политики управления финансовыми рисками, включающей формирование стратегии и тактики, их взаимосвязь, описание методики анализа рисков, их идентификации и снижения в рамках поставленных стратегических целей;

- создание контрольного механизма соблюдения адекватности применения методов и инструментов управления финансовыми рисками.

Подходы к оценке и управлению отдельными видами банковских рисков подробно описаны в литературе и применяются на практике. Однако проблемы измерения и построения моделей, агрегирующих данные о факторах риска различной природы (кредитных, рыночных, операционных, бизнес-рисках), не изучены достаточно хорошо. Между проявлениями риска могут существовать взаимосвязи, что также необходимо учитывать при принятии управленческих решений. Недооценка или переоценка совокупного риска влияют на устойчивость и эффективность функционирования организации. Таким образом, необходимо построение моделей, учитывающих разнообразные факторы рисков и их интегральное влияние на финансовый результат предприятия.

Суммируя вышесказанное, была составлена таблица, в которой расписаны все плюсы и минусы методов анализа инвестиционного риска и при каких условиях определенности его лучше применять.

Используя эту таблицу, можно выбрать какой метод подходит в той или иной ситуации, исходя из критериев точности и наличия вводных данных. В целом нужно оценивать финансовые риски сразу несколькими методами, что дало бы объем картины в целом и перекрыло бы недостатки каждого из методов. После того как риски были оценены необходимо составить план по их управлению и использовать методы по минимизации инвестиционных рисков.

**Таблица 1. Достоинства и недостатки методов оценки финансовых рисков и использование их в зависимости от условий определенности**

Название метода или оценки	Условия определенности	Достоинства	Недостатки
Анализ уместности затрат	Определенности	Риск выявляется поэтапно, простота	Не может рассматриваться, как самостоятельный метод анализа рисков

Метод аналогий	Полной неопределенности	При наличии хороших баз данных позволяет сделать быстрый поверхностный анализ	Сложно подобрать правильный аналог, сформулировать всевозможные сценарии срыва проекта, определить точность, отсутствие методических разработок
Метод экспертных оценок	Полной неопределенности	Представление о рискованности инвестиции за короткий срок	Сложность выбора экспертов, различие итоговых результатов
Кредитный рейтинг	Определенности	Позволяет узнать кредитный статус компании, в которую происходит инвестирование	Зачастую необъективность и мало применимость для инвестирования
Оценка качества корпоративного управления	Определенности, частичной определенности	Оценка компании как отдельной и анализ экономического фона в стране	Рейтинги могут различаться и быть политизированными
Анализа чувствительности	Частичной определенности, полной неопределенности	Ранжирование важности каждого из элементов и выявление тонких мест	Разные специалисты - индивидуальные данные, не измеряется корреляционная взаимосвязь между составляющими элементами
Маржинальный анализ	Определенности	помогает обосновать многие управленческие решения	Необходимость большого числа вводных данных
Статистический метод	Частичной определенности	Изучение доходов и потерь от вложений капитала и определении частоты их возникновения	Необходим большой объем информации
Расчётно-аналитический метод	Определенности	Количественная оценка вероятности наступления отдельных рисков и последствия этих рисков	Необходим большой объем информации, субъективность решений

Метод математической статистики	Определенности	Построение взаимосвязей экономических переменных, объективность	Сложность выявления всех основных факторов, которые влияют на данную переменную, основывается на данных прошлых периодов
---------------------------------	----------------	---	--

В результате внедрения данных методов может быть разработан комплекс мероприятий, позволяющих оценить операционные риски предприятия, интегральный риск, количественная оценка которого основана на комплексном анализе финансовой и бухгалтерской отчетности, и проведение оценки интегрального риска на основе всех уровней ответственности предприятия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международный стандарт финансовой отчетности (IFRS) 1 «Первое применение международных стандартов финансовой отчетности». URL:[http://www.minfin.ru/ru/accounting/mej\\_standart\\_fo/kons\\_msfo](http://www.minfin.ru/ru/accounting/mej_standart_fo/kons_msfo) (Дата обращения: 15.01.2015).
2. Блау С.Л. Инвестиционный анализ: Учебник для бакалавров. М.: Дашков и К, 2014.– 256 с.
3. Инвестиции: учебник / Н.И. Лахметкина, М.В. Макарова, О.В. Мурашова и др.; под ред. Г.П. Подшиваленко. М.: Кнорус, 2009. 200 с.
4. Корпоративные финансы: учебник / под ред. Е.И. Шохина. М. : КноРус, 2015. 320 с.
5. Ковалев В.В. Финансы организации / В.В. Ковалев, Вит.В. Ковалев. М.: Проспект, 2014. 352 с.
6. Уродовских В.Н. Управление рисками предприятия: учебное пособие. - М. : Вузowski учебник, ИНФРА-М, 2017. - 168 с. URL:// <http://znanium.com/bookread2.php?book=615086>.

**ОЦЕНКА ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ  
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПУТИ  
ИХ ОПТИМИЗАЦИИ**

**Д.М. Неяскин, А.В. Белов**

Научный руководитель – **А.В. Белов**, канд. экон. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается оценка и проблемы источников финансирования предприятия. Анализируются пути их оптимизации.*

***Ключевые слова:** финансовые ресурсы, эффективность, оценка, источники финансирования.*

**EVALUATION OF SOURCES OF FINANCING  
OF THE ORGANIZATION'S ACTIVITIES AND WAYS  
OF THEIR OPTIMIZATION**

**D.M. Neyaskin, A.V. Belov**

Scientific Supervisor – **A.V. Belov**, Candidate of Economics Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The assessment and problems of sources of financing of the enterprise are considered. The reasons for their occurrence are analyzed.*

***Keywords:** financial resources, efficiency, assessment, funding sources.*

В процессе управления предприятием любое решение всегда связано с необходимостью его обеспечения соответствующими финансовыми ресурсами. Несмотря на то, что предприятие обладает некоторой суммой собственного капитала и в результате проведения текущих операций воспроизводит тот или иной объем денежных средств, их совокупная величина часто оказывается недостаточна для расширения хозяйственной деятельности, осуществления инвестиционных проектов и других действий. В этой связи управление источниками денежных ресурсов и их эффективное использование является одной из важнейших функций финансового менеджмента [2].

Целью исследования является оценка и разработка рекомендаций по совершенствованию системы управления источниками финансирования хозяйственной деятельности организации.

ПАО «Северсталь», которая является российской вертикально интегрированной сталелитейной и горнодобывающей компанией, владеющая Череповецким металлургическим комбинатом (Вологодская область), вторым по величине сталелитейным комбинатом России. Владеет активами в России.

В ПАО «Северсталь» не все коэффициенты финансовой устойчивости соответствуют нормативным значениям, а некоторые из них ухудшили свое значение к концу 2020 г. Это свидетельствует о снижении финансовой устойчивости и о значительной финансовой зависимости организации от внешних источников финансирования (см. табл. 1).

В целом, совокупность источников финансирования ПАО «Северсталь» увеличивалась. Благоприятными можно считать увеличение собственного капитала организации из года в год, это происходило из-за роста нераспределенной прибыли. Также следует отметить рост долгосрочных обязательств (ввиду роста заемных средств). Фактом, который можно расценить как негативный, является резкий рост, как в динамике, так и в структуре по отношению к валюте баланса краткосрочных заемных средств. Это приводит к повышенным рискам деятельности, и усилению финансовой неустойчивости (см. таблицу 2).

**Таблица 1. Основные показатели финансовой устойчивости ПАО «Северсталь»**

Показатель	Значение показателя			Изменение показателя	
	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2018/2019 г.	2019/2020 г.
Коэффициент автономии	0,361	0,319	0,223	-0,042	-0,097
Коэффициент финансового левериджа	1,767	2,131	3,489	0,365	1,358
Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами	0,314	0,279	0,169	-0,036	-0,110
Индекс постоянного актива	0,190	0,177	0,292	-0,014	0,116
Коэффициент покрытия инвестиций	0,538	0,489	0,404	-0,050	-0,085
Коэффициент маневренности собственного капитала	0,810	0,823	0,708	0,014	-0,116
Коэффициент мобильности имущества	0,931	0,944	0,935	0,012	-0,009
Коэффициент мобильности оборотных средств	0,003	0,0001	0,027	-0,002	0,026
Коэффициент обеспеченности запасов	0,696	0,534	0,323	-0,161	-0,211
Коэффициент краткосрочной задолженности	0,723	0,751	0,767	0,028	0,016

**Таблица 2. Структурный анализ пассивов ПАО «Северсталь»**

Показатель	Структура пассивов, %		
	2018 г.	2019 г.	2020 г.
<b>КАПИТАЛ И РЕЗЕРВЫ</b>			
Уставный капитал	7,26	6,11	3,84
Переоценка внеоборотных активов	1,46	1,22	0,77
Нераспределенная прибыль	27,42	24,61	17,66
Итого по разделу III	36,14	31,94	22,28
<b>ДОЛГОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА</b>			
Заемные средства	17,27	16,35	17,36
Отложенные налоговые обязательства	0,40	0,57	0,76
Итого по разделу IV	17,67	16,92	18,12
<b>КРАТКОСРОЧНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА</b>			
Заемные средства	1,37	12,24	24,76
Кредиторская задолженность	44,81	38,90	34,84
Итого по разделу V	46,14	51,14	59,61
<b>БАЛАНС</b>	100	100	100

Проблема оценки эффективности использования собственного капитала является очень актуальной для российской действительности. Собственный капитал характеризует ту долю имущества предприятия, которая принадлежит ему на праве собственности. Та часть активов, которая обеспечена этими средствами, называется чистые активы. Собственные источники не только нерационально и неэффективно используются, но зачастую просто выводятся из оборота для личных нужд владельца бизнеса. Также особое внимание стоит уделять политике заимствования, здесь при принятии решения о привлечении дополнительных средств извне, финансовому менеджеру следует четко оценивать, какой эффект будет получен в итоге. Исходя из этого, для успешного роста на рынке, развития предприятия, усиления заинтересованности персонала в конечном результате следует вести грамотную политику управления собственными и заемными средствами, принимать обоснованные и взвешенные решения, касающиеся использования ресурсов предприятия [3].

Одним из основных методов оценки эффективности использования ресурсов является коэффициентный метод. Данный метод удобен для расчетов и прост.

В таблице 3 представлены показатели эффективности использования источников финансирования деятельности ПАО «Северсталь».

Доля новых источников финансирования предприятия очень мала, причем в 2019 г. по сравнению с 2018 г. данный показатель значительно снизился с 17 % до 5 %. Однако к 2020 году данный показатель несколько увеличился и составил 0,098, или 9,8 %. Это свидетельствует об улучшении эффективности работы предприятия, что привело к росту доли новых собственных средств. Также отметим, что данный показатель всегда положителен, а, значит, присут-



стует тенденция к росту собственных средств (за счет нераспределенной прибыли).

**Таблица 3. Показатели эффективности использования источников финансирования ПАО «Северсталь»**

Показатели	2018 г.	2019 г.	2020 г.
Коэффициент поступления собственного капитала	0,172	0,049	0,098
Коэффициент поступления заемного капитала	0,07	0,21	0,45
Оборачиваемость собственного капитала (в об.)	7,48	8,49	8,76
в днях	48	42	41
Оборачиваемость инвестиционного капитала (в об.)	4,6	5,4	4,6
в днях	78	67	78
Оборачиваемость кредиторской задолженности (в об.)	5,46	6,9	6,25
в днях	66	52	57
Оборачиваемость заемного капитала (в об.)	3,75	4,34	3,08
в днях	96	83	117
Коэффициент собственного капитала	0,36	0,32	0,22
Коэффициент заемного капитала	0,64	0,68	0,78
Коэффициент соотношения заемного капитала к собственному	1,77	2,13	3,49

Объем вновь поступивших заемных средств из года в год увеличивается. Если в 2018 г. коэффициент поступления заемного капитала составлял 7 %, в 2019 году – 21 %, то к 2020 году данный показатель увеличился до 45 %. Это означает, что ПАО «Северсталь» из года в год пользуется заемными средствами во все возрастающих масштабах. При применении такой политики следует рассчитывать показатель финансовой независимости и следить за его значением в целях обеспечения финансовой устойчивости.

Оборачиваемость собственного капитала увеличивается, что свидетельствует о повышении эффективности работы собственного капитала.

Несмотря на то, что по сравнению с 2018 г. оборачиваемость инвестиционного капитала в 2019 г. увеличилась, к 2020 г. она вновь снизилась до значения 2018 г., что свидетельствует о снижении эффективности использования инвестиционного капитала, и, следовательно, снижении деловой активности предприятия.

В 2018 г. кредиторская задолженность не оплачена более двух месяцев, к 2019 г. данный показатель снизился и составил 52 дня, что означает повышение оборачиваемости. Это благоприятно с точки зрения кредиторов организации, однако, для организации наличие кредиторской задолженности наряду с рисками имеет и положительные моменты, ведь данный факт свидетельствует о существовании условно бесплатных источников финансирования. К 2020 г. оборачиваемость кредиторской задолженности увеличилась на 5 дней и составила 57 дней.

Для объективной оценки данного показателя следует сравнить его с коэффициентом оборачиваемости дебиторской задолженности. В 2018 г. он составил 5,19, в 2019 г. – 6,31, в 2020 г. – 5,74. Исходя из данных значений, мы видим, что из года в год показатели оборачиваемости кредиторской задолженности выше показателей оборачиваемости дебиторской задолженности, что является неблагоприятной для предприятия ситуацией. Для выхода из сложившейся ситуации предприятию следует проводить более жесткую политику требования платежей от покупателей и заказчиков или увеличивать сроки погашения за приобретенные товары и услуги.

Рассчитав коэффициент оборачиваемости заемного капитала, сделан вывод о достаточно низком его значении, что может свидетельствовать о низком уровне продаж или высоких затратах на производство продукции. Исходя из этого предприятию следует проводить мониторинг цен на сырье и материалы, выбирать поставщиков полуфабрикатов с более низкими ценами без потери качества приобретаемой продукции. Следует также искать другие пути снижения себестоимости, не меняя при этом уже существующие цены на рынке на свою продукцию.

Доля собственных средств организации снижается из года в год с 36 % в 2018 г. до 22 % в 2020 г., к тому же рассчитанные коэффициенты собственного капитала значительно ниже нормы в 50 %, характеризующей стабильное положение. Следовательно, предприятие теряет свою финансовую устойчивость и представляет все меньший интерес для новых инвесторов и кредиторов

Значение коэффициента заемного капитала свидетельствует о потере финансовой независимости ПАО «Северсталь», о сильных затруднениях при получении новых кредитов по среднерыночной цене и ухудшении финансовой стабильности в целом. Предприятию следует отказаться от пользования новыми заемными средствами и искать внутренние резервы для дальнейшего функционирования и развития производства.

Таким образом, показатели эффективности использования источников финансирования ПАО «Северсталь» недостаточно высоки.

Из трех вариантов расчета показателей покрытия запасов собственными оборотными средствами на последний день анализируемого периода (31.12.2020) положительное значение имеет только рассчитанный по последнему варианту (СОС3), финансовое положение организации по данному признаку можно характеризовать как неустойчивое.

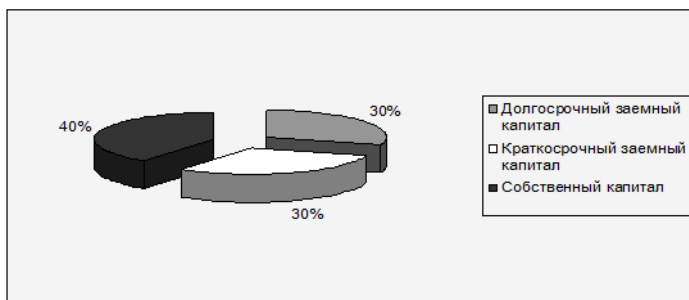
Проведенный расчет, основанный на анализе эффекта финансового левериджа, также показал крайнюю неэффективность и нецелесообразность использования заемного капитала ПАО «Северсталь».

Для выявления зависимости между величиной заемных средств, кредиторской задолженностью организации и чистой прибылью был проведен корреляционный анализ. Он позволил выявить, что между чистой прибылью, совокупным заемным капиталом и кредиторской задолженностью существует умеренная обратная связь, следовательно повышение совокупного заемного

капитала или кредиторской задолженности влечет за собой снижение чистой прибыли [1].

В регрессионную модель был отобран фактор «кредиторская задолженность» ( $X_3$ ). Построенное уравнение регрессии  $Y=11451 - 0,115 \cdot X_3$  показал, что при увеличении кредиторской задолженности на 1000 руб. чистая прибыль уменьшается в среднем на 115 руб., что является крайне негативной тенденцией для ПАО «Северсталь».

Проанализировав взаимосвязь основных вариантов 10 %-х отклонений и коэффициентов финансовой устойчивости была выбрана оптимальная структура капитала, представленная на рисунке 1.



**Рис. 1. Оптимальная структура источников финансирования деятельности ПАО «Северсталь»**

При предлагаемой структуре источников финансирования коэффициент соотношения заемного и собственного капитала больше единицы, но финансовый риск при этом не высок. Кроме того, коэффициент кредиторской задолженности и прочих пассивов, равный 0,6, говорит о том, что собственный капитал сможет покрывать не все долги организации, тем не менее, низкое значение коэффициента краткосрочной задолженности и высокое значение коэффициента долгосрочной финансовой независимости снижает уровень финансового риска в деятельности ПАО «Северсталь» [3].

В результате произведенных исследований в ПАО «Северсталь» выявлено, что механизм источников его финансирования необходимо совершенствовать, разделив на два направления:

- рекомендации по совершенствованию стратегии самофинансирования организации;
- мероприятия по совершенствованию заемного финансирования организации.

В целях совершенствования политики самофинансирования предприятия следует искать пути повышения чистой прибыли для достижения данным показателем 40 % в структуре капитала.

Для повышения прибыли необходимо усилить контроль качества отгружаемой продукции для предотвращения перевозки бракованных изделий,

сформировать базу данных по применяемым на предприятии ресурсам. Можно рекомендовать разработать новую продукцию и ввести в эксплуатацию новую линию по ее производству, что повысит рентабельность производства в целом. При этом следует особое внимание уделить рекламе и презентации новой продукции. Для удобства и быстроты реализации предлагается ввести на сайте компании дополнительную услугу онлайн-заказов. Транспортно-логистическому отделу при недостаточной загрузке автотранспорта продукцией собственного производства следует оперативно осуществлять поиск клиентов для отправки грузов попутно.

С целью управления дебиторской задолженностью предприятию следует вести активную политику ее взыскания, сформировать и сгруппировать информацию о дебиторах, сроках оплаты, наличии просроченной дебиторской задолженности, а также конкретных дебиторах, задержка расчетов с которыми создает проблемы с текущей платежеспособностью предприятия. Для удобства анализа дебиторской задолженности следует оформить и вести календарь ее поступлений.

Для управления кредиторской задолженностью следует принимать активные меры по ее снижению. Как и в случае управления дебиторской задолженностью, предприятию следует оформить платежный календарь кредиторской задолженности. При взаимном согласии сторон возможно погашать существующую кредиторскую задолженность готовой продукцией [1].

Анализ составленного прогнозного баланса с учетом предлагаемых рекомендаций показал положительную динамику.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ковалев В.В.* Финансовый менеджмент: теория и практика, – 2-е издание, переработанное и дополненное. М.: ТК Велби, Издательство Проспект. 1024 с.
2. *Ковалев В.В.* Курс финансового менеджмента: учеб. М.: ТК Велби, Издательство Проспект. 448 с.
3. *Ковалев В.В.* Финансы организаций (предприятий): учебник / В.В. Ковалев, Вит.В. Ковалев. М.: ТК Велби, Издательство Проспект. 352 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ

**А.М. Рехина, М.И. Маркин**

Научный руководитель – **М.И. Маркин**, ст. преподаватель

Ярославский государственный технический университет

*Финансирование подразумевает обеспечение предприятия нужными финансовыми ресурсами. Все возможные и доступные каналы получения денег называют источниками финансирования. Получив деньги, предприятие, к примеру, может вложить их в модернизацию, строительство, процесс производства. Инвестиционное финансирование – это инструмент, при помощи которого привлекают дополнительные ресурсы с целью повышения рентабельности (прибыльности) предприятия.*

**Ключевые слова:** инвестиции, источники, финансирование, предприятие, эффективность, финансы, инвестиционная деятельность, инвесторы.

## MODERN SOURCES OF INVESTMENT FINANCING IN THE ENTERPRISE

**A.M. Rekhina, M.I. Markin**

Scientific Supervisor – **M.I. Markin**, Senior Lecturer

Yaroslavl State Technical University

*Financing means providing the company with the necessary financial resources. All possible and available channels for obtaining money are called funding sources. Having received money, an enterprise, for example, can invest it in modernization, construction, and the production process. Investment financing is a tool with the help of which additional resources are attracted in order to increase the profitability (profitability) of an enterprise.*

**Keywords:** investments, sources, financing, enterprise, efficiency, finances, investment activity, investors.

Развитие национальной экономики неразрывно связано с активизацией инвестиционной деятельности предприятий и организации. В Концепции национальной безопасности Российской Федерации отмечено, что в сфере экономики одной из наиболее существенных угроз является снижение инвестиционной, инновационной активности и научно-технического потенциала.

Кризис российской экономики 1990-х годов негативно сказался как на макроэкономических показателях, так и инвестиционной активности [5].

Инвестиции представляют собой денежные средства, ценные бумаги, иное имущество, в том числе имущественные права, иные права, имеющие денежную оценку, вкладываемые в объекты предпринимательской и (или) иной деятельности в целях получения прибыли и (или) достижения иного полезного эффекта.

Таким образом, инвестиции выступают в денежной (денежные средства, ценные бумаги), материальной (недвижимость, машины, оборудование, иное имущество) и нематериальной формах (имущественные и иные права).

Инвестиционная деятельность реализуется путем вложения инвестиций и осуществления практических действий в целях получения прибыли и (или) достижения иного полезного эффекта.

Предприятия и организации, осуществляя инвестиционную деятельность, сталкиваются с проблемой определения наиболее выгодных направлений вложения инвестиций. Выработка текущих и перспективных направлений инвестиционных вложений осуществляется в процессе разработки инвестиционной политики предприятия.

В свою очередь, инвестиции подразделяются на реальные (в нефинансовые активы) и финансовые; капиталообразующие и портфельные.

Инвестиции в нефинансовые активы – это инвестиции в основной капитал, в нематериальные активы, в прирост запасов материальных оборотных средств. Другие нефинансовые активы.

Финансовые - долгосрочные и краткосрочные инвестиции в различные финансовые инструменты в целях получения дохода.

Капиталообразующие инвестиции (капитальные вложения) - это инвестиции в основной капитал (основные средства), в том числе затраты на новое строительство, расширение, реконструкцию и техническое перевооружение действующих предприятий, приобретение машин, оборудования, инструмента, инвентаря, проектно-изыскательские работы и другие затраты.

Портфельными называются инвестиции в долгосрочные ценные бумаги (акции, облигации, векселя и другие).

Любой бизнес-план нуждается в тщательном подборе источников финансирования инвестиционного проекта. Средства изыскивают в самых разных местах – их берут у государства, банков, компаний и даже у частных лиц. Однако далеко не все эти источники финансов выгодны для предпринимателя. Поэтому каждый инвестор должен хорошо разбираться, за счет чего он будет финансировать свой проект, и где лучше всего взять для этого деньги [1].

Принципиально все источники финансовых ресурсов предприятия можно представить в виде следующей последовательности: собственные финансовые ресурсы и внутрихозяйственные резервы; заемные финансовые средства; привлеченные финансовые средства, получаемые от продажи акций, паевых и иных взносов членов трудовых коллективов, граждан, юридических лиц; де-

нежные средства, централизуемые объединениями предприятий; средства внебюджетных фондов; средства государственного бюджета; средства иностранных инвесторов.

Все предоставляемые в распоряжение инвестиционного проекта средства обладают стоимостью, т.е. за использование всех финансовых ресурсов надо платить вне зависимости от источника их получения. Плата за использование финансовых ресурсов производится лицу, предоставившему эти средства - инвестору в виде дивидендов для собственника предприятия (акционера), процентных отчислений для кредитора, который предоставил денежные ресурсы на определенное время. В последнем случае предусматривается возврат суммы инвестированных средств.

Учет и анализ платы за пользование финансовыми ресурсами является одним из основных при оценке экономической эффективности капитальных вложений [4].

Отметим здесь две принципиально важные особенности платы за собственные финансовые ресурсы предприятия: накопленные предприятием в процессе своей деятельности, и привлеченные финансовые ресурсы, которые вложены в предприятие в виде финансовых инструментов собственности (акций). На первый взгляд может оказаться, что, если предприятие уже располагает некоторыми финансовыми ресурсами, то никому не надо платить за эти ресурсы. Это неправильная точка зрения. Дело в том, что, имея финансовые ресурсы, предприятие всегда располагает возможностью инвестировать их, например, в какие-либо финансовые инструменты, и тем самым заработать на этом. Поэтому, минимальная стоимость этих ресурсов есть «зарботок» предприятия от альтернативного способа вложения имеющихся в его распоряжении финансовых ресурсов. Таким образом, предприятие, решая вложить деньги в свой собственный инвестиционный проект, предполагает стоимость этого капитала как минимум равную стоимости альтернативного вложения денег.

Теперь рассмотрим плату собственникам предприятия. Эта плата не ограничивается дивидендами. Дело в том, что прибыль предприятия, оставшаяся в распоряжении собственников (после уплаты вознаграждения кредитному инвестору) распределяется на две части: первая часть выплачивается в виде дивидендов, а вторая часть реинвестируется в предприятие. И первое, и второе принадлежит, на самом деле, собственникам предприятия. Поэтому при исчислении стоимости собственного капитала необходимо руководствоваться следующими соображениями: вся денежная прибыль предприятия (чистый денежный поток), оставшаяся после уплаты кредиторам причитающихся ему сумм, есть плата совокупному собственнику за предоставленные инвестиции, а не ограничиваться только дивидендными выплатами акционерам [3].

Прокомментируем особенности мобилизации внутренних активов. В процессе капитального строительства у предприятия могут образовываться специфические источники финансирования, мобилизуемые в процессе подготовки проекта (строительства или реконструкции, установки оборудования).

Финансовый механизм мобилизации состоит в том, что часть оборотных активов предприятия изымается из основной деятельности (так как эта деятельность может быть замедлена в виду капитального строительства) и пускается на финансирование капитального строительства.

Долгосрочный банковский кредит, размещение облигаций и ссуды юридических лиц являются традиционными инструментами заемного финансирования.

Сущность лизинга состоит в следующем. Если предприятие не имеет свободных средств на покупку оборудования, оно может обратиться в лизинговую компанию. В соответствии с заключенным договором лизинговая компания полностью оплачивает производителю (или владельцу) оборудования его стоимость и сдает в аренду предприятию-покупателю с правом выкупа (при финансовом лизинге) в конце аренды. Таким образом, предприятие получает долгосрочную ссуду от лизинговой фирмы, которая постепенно погашается в результате отнесения платежей по лизингу на себестоимость продукции. Лизинг позволяет предприятию получить оборудование, начать его эксплуатацию, не отвлекая средства от оборота. В рыночной экономике использование лизинга составляет 25 %-30 % от общей суммы заемных средств. Принятие решения в отношении лизинга базируется на соотношении величины лизингового платежа с платой за использование долгосрочного кредита, возможностью получения которого располагает предприятие.

Основное отличие между собственными и заемными финансовыми ресурсами заключается в том, что процентные платежи вычитаются до налогов, т.е. включаются в валовые издержки, в то время как дивиденды выплачиваются из прибыли. Это обстоятельство служит источником дополнительной выгоды для предприятия.

Еще один источник - краудфандинг (народное финансирование, от англ. crowd funding, crowd — «толпа», funding — «финансирование») — коллективное сотрудничество людей (доноров), которые добровольно объединяют свои деньги или другие ресурсы вместе, как правило, через Интернет, чтобы поддержать усилия других людей или организаций (реципиентов). Сбор средств может служить различным целям — помощи пострадавшим от стихийных бедствий, поддержке со стороны болельщиков, поддержке политических кампаний, финансированию стартап-компаний и малого предпринимательства, созданию свободного программного обеспечения, получению прибыли от совместных инвестиций и многому другому. Так же сложились стойкие выражения в этом виде финансирования. Проект, выходящий для коллективного финансирования, принято называть стартапом. Соискателя средств, представителя проекта называют фаундером. А инвесторов, людей, делающих материальный вклад в проект - бэкерами.

Изначально должна быть заявлена цель, определена необходимая денежная сумма, составлена калькуляция всех расходов, а информация по ходу сбора средств должна быть открыта для всех.



Краудфандинг может также относиться к финансированию компании посредством продажи малых долей предприятия широкому спектру инвесторов. Этот тип краудфандинга недавно получил особое внимание американских должностных лиц. В апреле 2012 года президент США Барак Обама подписал новый закон под названием JOBS Act (Jumpstart Our Business Startups Act), позволяющий стартап-компаниям собирать до \$1 млн посредством краудфандинга, без подачи бумаг и регистраций на продажу акций, как практиковалось ранее [2].

Таким образом, финансирование инвестиций представляет процесс аккумуляции и эффективного расходования денежных средств на приобретение элементов основного и оборотного капитала, включая новое строительство, расширение, реконструкцию и техническое обновление действующих предприятий, приобретение машин и оборудования, создание производственных запасов и др. При финансировании инвестиций решаются следующие основные задачи: определение источников финансирования и распределение инвестиций во времени.

Система финансового обеспечения инвестиционного процесса основывается на определении источников его финансирования. Под источниками финансирования инвестиций понимаются фонды и потоки денежных средств, которые позволяют осуществлять процесс инвестирования. Источники формирования инвестиционных ресурсов можно классифицировать по различным признакам.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Басовский Л.Е.* Экономическая оценка инвестиций. Учебное пособие / Л.Е. Басовский, Е.Н. Басовская. М.: ИНФРА-М, 2018. 241 с.
2. *Валинурова Л.С.* Инвестирование. Управление инвестиционными процессами инновационной экономики: учеб.-метод. пособие для подготовки магистров по направлению «Экономика» / Л.С. Валинурова, О.Б. Казакова, Э.И. Исхакова. – Уфа : БАГСУ, 2019. 77 с.
3. *Габидуллина Г.З.* Модельно-методический инструментарий обоснования социально-ориентированных инвестиционных решений на предприятиях энергетики : автореф. дис. ... канд. экон. наук : 08.00.13. Уфа, 2017. 23 с.
4. *Колмыкова Т.С.* Инвестиционный анализ. М.: ИНФРА-М, 2018. 204 с.
5. *Лахметкина Н.И.* Инвестиционная стратегия предприятия: учеб. пособие. 6-е изд., стер. М. : КНОРУС, 2019. 230 с.

## ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ В КОЛЛЕКТОРСКОМ АГЕНТСТВЕ

**Н.И. Сергеев, О.И. Вознюк, М.Б. Абрамова**

Научный руководитель – **М.Б. Абрамова**, доцент, канд. хим. наук

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются проблемы управления персоналом в коллекторском агентстве. Предложены пути повышения эффективности деятельности организации за счет совершенствования процедуры найма, отбора, адаптации и обучения персонала.*

**Ключевые слова:** управление персоналом, методы управления персоналом, коллекторская деятельность, коллекторские агентства.

## WAYS TO IMPROVE PERSONNEL MANAGEMENT IN A COLLECTION AGENCY

**N.I. Sergeev, O.I. Voznyuk, M.B. Abramova**

Scientific Supervisor – **M.B. Abramova**, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The problems of personnel management in a collection agency are considered. The ways to improve the efficiency of the organization by improving the recruitment, selection, adaptation and training of personnel are proposed.*

**Keywords:** HR management, HR management methods, collection activities, collection agencies.

В России коллекторская деятельность и коллекторские агентства имеют сравнительно короткую историю. Нельзя сказать, что раньше в нашей стране не было людей, которые «помогали» собирать долги... Но профессиональный характер данная деятельность приобретает с развитием потребительского кредитования и ростом просроченных задолженностей населения перед банками. Причиной появления коллекторских агентств является также желание кредитных организаций сосредоточиться на профильной деятельности по предоставлению денежных средств, а не на их взыскании.

В настоящее время коллекторская деятельность динамично развивается, усложняется, у нее появляются новые формы и направления. Значимым фактором, определяющим условия работы коллекторских агентств, явился принятый 3 июля 2016 года закон № 230-ФЗ «О защите прав и законных интересов физических лиц при осуществлении деятельности по возврату долгов», в котором описан порядок взаимодействия с должником. Именно после принятия этого закона большое количество подобных агентств перестало существовать, так как в прокуратуру было направлено очень много жалоб из-за грубого общения с должниками. К примеру, на начало 2016 года в России было зарегистрировано около 800 коллекторских агентств, в 2017 уже 200 организаций, а на конец 2020 года их число составляло 346.

Объектом исследования является коллекторское агентство ООО «Эксперт-Финанс», которое уже тринадцатый год занимается взысканием задолженностей, сотрудничая с банками и микро-финансовыми организациями.

Стоит отметить, что коллекторские агентства могут привлекаться на основании агентского договора – представление интересов кредитора без передачи права требования или договора цессии – переуступка права требования с изменением кредитора. Компания ООО «Эксперт-Финанс» работает по обоим направлениям.

Задачей сотрудников отдела взыскания является убедить недобросовестного заемщика погасить задолженность, предупредить его о последствиях уклонения от оплаты и использовать юридические инструменты, чтобы добиться положительного результата. А успех переговоров с должником напрямую зависит от квалификации сотрудников и определяет объем взысканий.

В ходе анализа деятельности коллекторского агентства и по результатам анкетирования его сотрудников были выявлены проблемы в управлении персоналом, которые приводят к недостаточной результативности работы отдела взыскания:

1. Недостаточный уровень подготовки сотрудников отдела взыскания;
2. Слабая заинтересованность сотрудников этого отдела в работе;
3. Нарушение этики общения при взаимодействии с должником.

По результатам проведенных исследований разработаны предложения по совершенствованию процедуры отбора и найма персонала, адаптации обучения и аттестации сотрудников.

Так, отбором персонала в настоящее время в компании занимаются непосредственно руководители отделов, и из-за отсутствия у них соответствующего опыта в компанию нанимаются сотрудники, которые заведомо не могут справиться с работой. Поэтому привлечение квалифицированного специалиста позволит решить эту задачу.

Для скорейшей адаптации сотрудников предлагается привлечь тренера, который даст максимум необходимых навыков и сотрудник сможет в кратчайшие сроки приступить к качественному общению с должником. В то же время привлеченный на работу тренер сможет заниматься обучением пер-

сонала, а именно, проводить лекции, обсуждать кейсы и ошибки, допущенные при общении с должником. Проработка законодательной базы позволит уменьшить количество жалоб на сотрудников компании и сократят размер штрафов, что, в конечном счете, увеличит доходы компании.

Таким образом, реализация предложенных мероприятий позволит компании ООО «Эксперт-Финанс» нарастить свой потенциал и повысить эффективность деятельности.

## **РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИЙ ТУРИСТИНДУСТРИИ В ПОСТКОРОНАВИРУСНЫЙ ПЕРИОД**

**Д.А. Смирнов, Э.А. Михайлова**

Научный руководитель - **Э.А. Михайлова**, канд. техн. наук, профессор

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
им. П.А. Соловьева

*Рассматриваются факторы, влияющие на предложение на рынке гостиничного бизнеса, исследуются их взаимозависимость и рыночная значимость.*

***Ключевые слова:** туризм, гостиничный бизнес, рынок, предложение, спрос, факторы, влияние.*

## **DEVELOPMENT OF ORGANIZATIONS TOURIS UNDRUSTRY IN THE POST-CORONAVIRUS PERIOD**

**D.A. Smirnov, E.A. Mikhailova**

Scientific Supervisor – **E.A. Mikhailova** Candidate of Technical  
Sciences, Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The factors influencing the supply in the hotel business market are considered, their interdependence and market significance are investigated.*

***Keywords:** tourism, hotel business, market, supply, demand, factors, influence.*

2020 год войдет в историю гостиничного бизнеса и российского туризма! Этот год осветил важность и создал стратегический вектор развития внутрироссийского туризма и гостеприимства в рамках социально-экономической жизни страны. По данным федеральной налоговой службы и Правительства РФ, гостиничный бизнес внутри страны – одно из наиболее перспективных направлений за последний год.

Правительство РФ оказывает поддержку для развития этой отрасли экономики. Впервые была осуществлена программа «туристического кэшбэка». В рамках данной программы правительством было выделено 15 миллиардов рублей. Общая сумма принявших участие россиян в 2020 году составила 300 тысяч человек. Были созданы новые чартерные направления, расширившие

традиционную географию поездок по стране. Выдвинута инициатива осуществлять грантовую поддержку со стороны государства создания и развития инициатив в сфере туризма, а также включить крупные гостиничные предприятия в перечень системообразующих организаций российской экономики. Немаловажным событием стало решение президента РФ о создании нацпроекта по туризму

Период локдауна позволил иначе взглянуть на повседневное наполнение нашей жизни, в котором тепло человеческого общения, свобода передвижений приобрели особую ценность. Введенные ограничения обозначили и новые туристические тренды – безусловным приоритетом стали безопасные путешествия. Большой популярностью будут пользоваться поездки на оздоровительные курорты, активный отдых на природе и свежем воздухе и формат коротких автомобильных путешествий на выходные. Россия богата культурно-историческим наследием, самозабвенной природой, традициями и обычаями. В этом году был осуществлён большой прорыв по формированию в нашей стране индустрии гостеприимства.

Став серьезным потрясением для туризма, пандемия коронавируса наряду с этим выступила триггером важных структурных изменений, которые будут определять формат работы туристической отрасли и после снятия ограничений, связанных с COVID-19. Для некоторых компаний это будет означать более активное внедрение онлайн-форматов и переориентацию на индивидуальные туры и работу с малыми группами, а для ряда других, возможно, даже радикальную смену профиля деятельности и поиск альтернативных ниш на российском рынке. Одним из безусловно важных импульсов, которые сложившаяся ситуация привнесла в развитие туристической отрасли, стала ориентация игроков рынка и российских туристов на внутренний туризм. Многие россияне этим летом открыли для себя новые направления внутри страны, отправившись не только на юг России, но и в Карелию, на Байкал, Алтай, Камчатку, а также в другие регионы. Всему туристическому рынку сейчас приходится работать в ситуации полной неопределенности. Исходя из заключения экспертов, это является одним из ключевых дестабилизирующих факторов для отрасли. Неизвестно, как будет изменяться эпидемиологическая ситуация в мире и в отдельных странах, как скоро появится возможность снятия ограничений на международные перелеты и ослабления введенных мер санитарной и эпидемиологической безопасности. Однако бессмысленно отрицать, что внутрироссийский туризм и сфера гостиничного бизнеса является новейшим трендом, который будет развиваться в ближайшие годы.

Рассмотрим деятельность парк-отеля «Спасское» в качестве примера предприятия, которое относится к сфере гостиничного бизнеса. Парк-отель «Спасское» работает с 2015 года. На настоящий момент, парк-отель рассматривается как место для размещения групп и индивидуальных туристов, у крупных туристических операторов России, информация о нем предоставлена в интернет-системах бронирования, таких как booking.com. Парк-отель со-

трудничает с Департаментом Туризма Ярославской области, г. Рыбинска, а также рыбинского района. Информация размещена в туристско-информационных центрах области.

Основными точками дохода, в которых формируются услуги компании являются: спортивно-оздоровительный комплекс (бассейн, тренажерный зал, банный комплекс, активный отдых); гостинца на 35 номеров; ресторан «Хлебникофф»; 8 гостевых коттеджей; Бизнес-Центр.

Проанализируем статистические показатели, связанные с влиянием коронавируса на деятельность предприятия. В качестве метода исследования был выбран онлайн опрос (опрос проведен сайтом [coronavirus-monitor.ru](http://coronavirus-monitor.ru)). Количество респондентов онлайн опроса, представителей сегментов туристической отрасли 906. Онлайн-опрос проводился в июле-августе 2020 года. Категории населения, со стороны которых спрос на туристические услуги снизился в наибольшей степени (см. таблица 1).

**Таблица 1. Категории населения, со стороны которых спрос на туристические услуги снизился в наибольшей степени**

60,5 %	Трудоспособное население в возрасте 35-60 лет
54,6 %	Семьи с детьми
46,0 %	Пенсионеры
41,5 %	Трудоспособное население в возрасте 18-35 лет

От поездок в большей степени отказалось трудоспособное население в возрасте 35–60 лет, включая семьи с детьми, обеспокоенное как состоянием неопределенности, так и вопросами обеспечения безопасности во время отдыха.

Компании малого и среднего бизнеса из числа туроператоров и турагентств столкнулись с образованием серьезных кассовых разрывов вследствие того, что перед введением ограничительных мер они внесли многочисленные предоплаты как за выездные, так и за выездные туры. Кроме того, значительная часть активов игроков рынка была потрачена на выплату заработной платы и реализацию рекомендованных мероприятий по предотвращению распространения COVID-19. Часть компаний так и не смогла восстановиться после снятия ограничений, однако 53 % опрошенных отмечают, что им удалось сохранить штатную численность и все сотрудники вернулись на полную занятость с полным окладом вследствие получения государственных мер поддержки. Убытки в сегменте выездного туризма оказались в десятки раз выше, чем в сегменте въездного, так как до коронавируса отрасль зарабатывала в основном на вывозе российских туристов за рубеж. В текущих реалиях, даже, несмотря на снятие ограничений, ряд стран предусматривают прохождение 14-дневного карантина по прибытии, а значит, спрос на выездной туризм будет оставаться на достаточно низком уровне. В то же время у участников отрасли

при поддержке Ростуризма есть возможность перефокусироваться на внутренний туризм и заняться развитием инфраструктуры, поиском новых ниш, форматов, формированием новых пакетных предложений.

Основные инструменты привлечения клиентов в процессе восстановления Организации туристической индустрии, возобновляющие свою деятельность после ее полной или частичной приостановки, считают ключевым инструментом привлечения клиентов соблюдение всех норм безопасности. Согласно результатам онлайн-опроса, игроки отрасли планируют использовать следующие способы привлечения клиентов: 67 % Полное соблюдение всех предписаний и норм для обеспечения безопасности и позиционирования компании как безопасного поставщика услуг для отдыха 39 % Активная реклама 33 % Специальные акции 18 % Снижение цен.

Сравнительно невысокая популярность снижения цен как способа привлечения туристов объясняется следующими факторами: появление новых расходов, в частности, на меры по обеспечению санитарно-эпидемиологической безопасности; высокий уровень текущих расходов (в том числе на выплату заработной платы); необходимость покрытия понесенных за время пандемии потерь. При этом из числа тех, кто все же готов снизить цены, большинство респондентов оценивают возможность снижения в диапазоне 10–25 %.

Также для привлечения клиентов предприятия готовы предпринять следующие меры: поиск новых рыночных ниш; разработка новых продуктов (туристических маршрутов, выставок, экскурсионных программ, специальных программ реабилитации после COVID-19 в санаториях и др.); создание индивидуальных предложений для различных целевых аудиторий.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Центральная база статистических данных федеральной службы государственной статистики. URL: [www.gks.ru](http://www.gks.ru)
2. Веб-сайт ФНС (данные на 10.02.2021). URL: <https://www.nalog.ru>
3. Ведущее деловое издание «Ведомости». URL: <https://www.vedomosti.ru>



**ИЗМЕНЕНИЕ РОЛИ МАРКЕТИНГА  
КАК КОНКУРЕНТНОГО ФАКТОРА ОРГАНИЗАЦИИ  
В УСЛОВИЯХ «ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ»**

**Е.С. Смирнова, А.А. Трубникова, А.А. Киселев**

Научный руководитель – **А.А. Киселев**, канд. пед. наук,  
профессор

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Яро-  
славский филиал

*Рассматриваются изменения в роли маркетинговой деятельности в условиях «цифровой экономики» по средствам совершенствования оргструктуры и использования аутсорсинга, а также затрагиваются сами причины изменений в маркетинге.*

***Ключевые слова:** маркетинговая деятельность, «цифровая экономика», конкуренция, аутсорсинг, организационная структура, изменения в роли маркетинга*

**CHANGE IN THE ROLE OF MARKETING  
AS A COMPETITIVE FACTOR OF THE ORGANIZATION  
IN THE CONDITIONS OF THE "DIGITAL ECONOMY"**

**E.S. Smirnova, A.A. Trubnikova, A.A. Kiselev**

Scientific Supervisor - **A.A. Kiselev**, Candidate of Pedagogical  
Sciences, Professor

Financial University under the Government of the Russian Federation,  
Yaroslavl branch

*Changes in the role of marketing activities in the conditions of the "digital economy" are considered by means of improving the organizational structure and the use of outsourcing, as well as the reasons for changes in marketing are discussed.*

***Keywords:** marketing activities, "digital economy", competition, outsourcing, organizational structure, changes in the role of marketing.*

В настоящее время в связи с усилением рыночной конкуренции, и в первую очередь, в рамках реализации концепции «цифровой экономики», маркетинг превращается в конкурентный ресурс организации, позволяющий обеспечивать устойчивый рост бизнеса через своевременное реагирование на самые малейшие изменения в потребностях рынка и, самое главное, в своевременном выявлении возможных потребностей рынка, которые могут возник-

нуть и быстрое реагирование на такие потребности, используя для этого современные технологии. Это требует того, чтобы сегодня создавалась ситуация, что не только маркетологи организации, но и все сотрудники организации принимали участие в маркетинговой деятельности с целью развития долгосрочных отношений с потребителями. При этом сегодня активно реализуется в российской экономике концепция «цифровой экономики», вызывающая потребность в изменении роли маркетинга.

Изучение вопроса позволяет считать, что такие изменения в экономике требуют перестройки традиционных подходов к организации маркетинговой деятельности в отечественных организациях и будут затрагивать различные аспекты. Во-первых, это перестройка маркетинговой деятельности в условиях «цифровизации» экономики, включающая изменение процессов, технологий, систем показателей и создание новых организационных форм маркетинга как конкурентного ресурса организации на базе новых информационных технологий. Во-вторых, это внедрение новых маркетинговых процессов, позволяющих ориентировать бизнес-планы и производство товаров организаций на новые потребности ее клиентов и партнеров с позиций стратегического менеджмента и использования «дистанционного взаимодействия» с потребителями. В-третьих, разработка соответствующих условиям конкуренции маркетинговых технологий, стимулирующих инновационный и творческий рост сотрудников, который будет активно использоваться организациями для своевременного обеспечения нужного им уровня своей конкурентоспособности. В-четвертых, создание новой системы показателей, позволяющих измерять эффективность маркетингового процесса с позиций реализации выбранной организацией конкурентной стратегии в новых условиях.

Причинами таких глобальных изменений можно считать, в том числе, перенаселенность отдельных относительно небольших территорий, глобализация и, самое главное, технически развитое информационное киберпространство. При этом нужно отметить, что сегодня текущие мега-тренды характеризуются глобальностью и высокой скоростью развития, вследствие чего происходит полная трансформация бизнеса под лозунгом «цифровизации» экономики [4, стр. 1]. Современные организации в таких условиях виртуализируют общение со своими сотрудниками, расширяют границы бизнеса и стремятся к транснациональному масштабу. Так, например, в условиях пандемии коронавируса новая концепция систем доставки товаров приобрела важное значение в управлении каналами продаж и обеспечения деятельности организаций в новых для них условиях.

Подобные изменения создают запрос на инновационные управленческие решения по выбору рынков и продуктов, организации каналов коммуникаций и продаж с минимальной стоимостью и максимальным эффектом [2]. При этом нужно отметить, что маркетинговые возможности организаций уже существенно изменились. Например, такие «незыблемые» профессии, как бренд-менеджмент и продакт-менеджмент, были заменены профессионалами

со способностями к когнитивной и поведенческой психологии. Это один из результатов современных маркетинговых технологий [4, с. 1].

Наиболее важными изменениями в маркетинговой деятельности организации, по нашему мнению, являются совершенствование организационной структуры компании и более эффективное распределение маркетинговых функций с использованием аутсорсинга. Это связано с тем, что к настоящему времени размеры и организационная структура многих отечественных организаций претерпели серьезные изменения. Эти изменения выразились в важности точного расчета численности персонала, модернизации существующих или использовании совершенно новых организационных структур. Учитывая все это, новый подход к организации маркетинговой деятельности сосредоточивается на управлении процессами, создающими потребительскую ценность, и рабочими потоками, поддерживающими этот процесс. Главное изменение заключается в том, что маркетинг становится горизонтальной функцией, происходит отход от мышления в рамках иерархической структуры и признание маркетинга как формы горизонтального сотрудничества, а в конечном итоге, важного конкурентного фактора организаций [3, с. 1].

При этом трансформация маркетинга исключает традиционную иерархию и заменяет ее картой процессов, в которой обозначены роли и обязанности всех сотрудников в новых условиях деятельности. Однако это не означает, что организация полностью отказывается от вертикальной структуры, так как одновременно с этим в них создаются гибридные структуры, которые могут сочетать горизонтальные бизнес-процессы и функциональные структуры, объединяя их преимущества [6, с. 1]. Вследствие этого новая организационная структура будет гибкой и лучше учитывает потребности клиентов и требования рынка и повышает гибкость и создание конкурентного преимущества на основе возможностей организации.

Другим организационным решением, влияющим на изменение роли маркетинга в организации, выступает использование аутсорсинга, то есть передачи ряда бизнес-процессов на обслуживание специализированными организациями, что дает возможность пользоваться дополнительными преимуществами ведения бизнеса на рынках.

Так, например, на аутсорсинг в организации могут быть переданы информационные услуги, подбор персонала, бухгалтерский учет, логистика, безопасность, уборка и другие подобные функции [1, с. 1]. В области маркетинговой деятельности аутсорсинг часто включает в себя проведение маркетинговых исследований и рекламных кампаний и акций, подготовку и организацию электронных рассылок, услуги кол-центров, а также разработку и продвижение веб-сайтов в поисковых системах. При этом ключевым преимуществом аутсорсинга для организаций в новых условиях является экономия средств на более качественное решение задач в указанных специализированных областях деятельности организации. Кроме того, производственный аутсорсинг позволяет компаниям сосредоточиться на разработке новых продуктов и услуг в

новых для них условиях «цифровой» экономики. Это особенно важно для обеспечения конкурентного преимущества организаций в условиях быстро меняющихся информационных технологий и изменении технологии спроса.

Таким образом, в условиях «цифровой» экономики ни одна организация не может отрицать важность изменения роли маркетинговой деятельности в новых экономических условиях и реализации концепции «цифровой» экономики. Представленные в статье положения при их практической реализации в организациях изменяют роль маркетинга в целях повышения конкурентоспособности отечественных организаций в новых рыночных условиях.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аутсорсинг бизнес-процессов: схема передачи // cfin.ru URL: <https://www.cfin.ru/itm/bpr/BPO.shtml>
2. Киселев А.А. Принятие управленческих решений: учебник. М.: КНОРУС, 2021. 170 с.
3. Маркетинговое мышление // studref.com URL:[https://studref.com/352081/marketing/marketingovoe\\_myshlenie](https://studref.com/352081/marketing/marketingovoe_myshlenie)
4. Маркетинг 2020: трансформация функции маркетинга в компаниях // marketing.hse.ru/ URL: <https://marketing.hse.ru/news/199267367.html>
5. Современная концепция маркетинга, его функции // marketing.spb.ru URL: [https://www.marketing.spb.ru/lib-around/science/modern\\_marketing.htm](https://www.marketing.spb.ru/lib-around/science/modern_marketing.htm)
6. Современные тенденции в организации маркетинговой деятельности // studme.org URL: [https://studme.org/81418/marketing/sovremennye\\_tendentsii\\_organizatsii\\_marketingovoy\\_deyatelnostia](https://studme.org/81418/marketing/sovremennye_tendentsii_organizatsii_marketingovoy_deyatelnostia)

## МОТИВАЦИЯ ПЕРСОНАЛА В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ

**Я.А. Терентьева, В.Д. Сухов**

Научный руководитель – **В.Д. Сухов**, канд. хим. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассмотрены способы повышения и удержания мотивации труда удаленного сотрудника.*

*Ключевые слова:* мотивация, персонал, удаленная работа, онлайн – тренинг.

## STAFF MOTIVATION UNDER PANDEMIC CONDITIONS

**Ya.A. Terenteva, V.D. Sukhov**

Scientific Supervisor - **V.D. Sukhov**, Candidate of Chemical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article discusses ways to increase and retain the motivation of a remote employee.*

*Keywords:* motivation, staff, remote work, online – training.

Сегодня, в условиях пандемии, актуальность проблемы мотивации персонала выходит на первый план. Это утверждение нельзя оспорить ни с помощью научной теории, ни на практике. Нет сомнения и в том, что итоговые результаты деятельности предприятий независимо от их организационно-правовой формы собственности, напрямую будут зависеть от творческой и социальной активности персонала.

В 2020 году весь мир охватила общая паника под названием COVID-19, так 75 % россиян почувствовали себя подавленными из-за негативного информационного фона в связи с этой болезнью. К такому выводу пришли авторы опроса из проекта «Здоровье Mail.ru» [1]. Кризис, вызванный пандемией, создал сложную ситуацию для персонала предприятия. Такая непредсказуемая обстановка демотивировала работников, у них проявилась неуверенность в своем будущем, произошло существенное снижение оплаты труда, изменились условия труда и др. В этот период руководители предприятий были вынужде-

ны перевести часть своего персонала на удаленный способ работы с сохранением, пусть и не всегда, в полном объеме величины заработной платы.

Несомненно, что удаленный способ работы имеет свои преимущества, среди которых следует выделить такие, как:

- работник осуществляет свою деятельность в более комфортных для себя условиях;

- экономит время и средства на дорогу до предприятия;
- предприятию не нужно создавать для работника рабочее место;
- удобнее использовать необходимые онлайн-инструменты;
- появляется новая широкая возможность привлекать для работы профессионалов, не ограничиваясь рамками одного города или даже страны.

Однако, нельзя исключать и отрицательные стороны удаленной работы:

- размываются границы рабочего дня, что приводит к нарушению привычного ритма производственной деятельности;
- проявляется социальная изолированность, людям просто не хватает живого общения;
- при удаленном способе работы появляется множество отвлекающих факторов, людям сложнее отвлечься от домашних дел, происходит снижение продуктивности труда;
- возникают определенные сложности управления коллективом;
- нарушается Work-Life Balance и др.

Существует мнение специалистов о том, что пандемия и удаленная работа заставили предприятия кардинально пересматривать методы мотивации и управления персоналом. Следует полагать, что позитивный эффект от удаленной работы возможен только тогда, когда сотрудники начинают брать на себя ответственность за качество работы и целенаправленно мотивированы на конечный результат.

Даже за этот небольшой временной период, практика показала, что в такой обстановке традиционные системы мотивации не отвечают требуемой эффективности, а предварительные прогнозы, которые строились на предыдущем опыте, больше эффективно не работают. По словам Веры Маневич из «Зарплаты.ру», «в мире происходит нечто новое для всех нас, и HR-специалисты должны придумывать иные инструменты и методы мотивации работников» [2].

Для этого необходимо в этот сложный период объединить коллектив сотрудников, снять тревожность, стимулировать персонал работать эффективнее. Этого можно достигнуть только тогда, когда руководитель четко доносит свою стратегию, пропитывает людей энтузиазмом. Открытость руководства позволила ему стать ближе к сотрудникам, и наоборот сотрудникам – к руководству.

Система мотивации персонала, конечно, не может быть единой для всех предприятий. Эффективная система, прежде всего, должна учитывать страте-

гические цели предприятия, планы его развития, модель корпоративной культуры и особенности должностей, занимаемые работниками. Только в этом случае она станет тем самым инструментом, который позволит менеджменту предприятия получить желаемый результат. Анализируя, различные способы повышения мотивации сотрудников, работающих удаленно целесообразно предложить применять следующие инструменты мотивации.

1. Сейчас, во время дистанционной работы, самое главное от работодателя – это постараться сократить дистанцию с сотрудниками. Требуется наладить внутреннюю коммуникацию. В XXI веке для этого есть все – разные корпоративные ресурсы, социальные сети и мессенджеры, а также другие средства связи – все это поможет объединить коллектив и почувствовать людям себя причастным к общему делу.

2. В условиях кризисного состояния деятельности предприятия, значительно возрастает грамотная коммуникация руководителя с сотрудниками. Руководителю необходимо быть уверенным, решительным, своим примером вовлечь коллектив в достижение поставленной цели. Показывая коллективу работников, свою самоотдачу и четкость в принятии управленческих решений он поднимает свой авторитет и повышает мотивацию персонала.

3. Руководителю обязательно необходимо делиться с сотрудниками важной информацией. Чем больше сотрудники знают о происходящих изменениях на предприятии, тем меньше напряжения они испытывают.

4. Очень важно позаботиться о ментальном и физическом здоровье сотрудников предприятия. Люди легко могут опустить руки, например, когда они постоянно переживают за себя и своих близких, не понимают, чего ждать от будущего. В этом особенность человеческой психики, поэтому важно оказывать психологическую и менторскую поддержку, говорить с сотрудниками и обсуждать все их переживания. Удаленно можно проводить онлайн-тренинги для поддержания здоровья сотрудников. Для сотрудников можно проводить вебинары на актуальные темы, рекомендовать литературу и познавательные фильмы [3].

5. Организовать для работников бесплатное онлайн-обучение. Обучение может быть направлено на развитие кадрового потенциала, а также на расширение кругозора сотрудников. Такие мероприятия позволят сохранить эффективность при удаленной работе и правильно управлять своими ресурсами.

6. Поощрение креативности и общение в неформальной обстановке. На каждом предприятии работают люди с различными интересами: кто-то может вести свой блог, кто-то занимается волонтерством, кто-то увлечен творчеством, а кто-то спортом. Хороший способ в повышении лояльности сотрудников – это дать им возможность проявлять свои творческие способности. Необходимо дать сотрудникам возможность предлагать новые неординарные идеи для реализации проектов.

7. Внедрение на предприятии мобильной платформы, как одного из важных инструментов коммуникации: где каждый работник сможет получить актуальную информацию от руководства, задать онлайн-вопрос, поучаствовать в обсуждениях производственной деятельности и, конечно, ознакомиться с системой контроля эпидемиологической обстановки.

8. Эффективным инструментом мотивировать коллектив считается предоставление сотрудникам возможности попробовать себя в новой роли. Монотонность, однородность, отсутствие творческих элементов в труде отрицательно сказывается на мотивации персонала, его саморазвитии. Появившаяся возможность работы на новом месте это прекрасная перспектива проявить себя, продемонстрировать свой профессионализм, совершенствовать свои навыки.

9. Положительный эффект для работников создаст корпоративный канал, на котором можно обсуждать последние новости, делиться фотографиями, совместно заниматься фитнесом, играть в настольные игры, что в конечном итоге позволит снизить отрицательный уровень стресса персонала.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что удаленная работа – это своего рода тест на адаптивность предприятия к изменениям, умение лидера организовать эффективные процессы и мотивировать коллектив на достижение поставленной цели.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL:[https://help.mail.ru/health\\_support](https://help.mail.ru/health_support).
2. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=S4cJm8Kk7SY>
3. Пять способов мотивировать сотрудников на удаленной работе. URL: [https:// plus-one.rbc.ru/society/pyat-sposobov-motivirovat-sotrudnikov-na-udalennoy-rabote](https://plus-one.rbc.ru/society/pyat-sposobov-motivirovat-sotrudnikov-na-udalennoy-rabote)



## **УПРАВЛЕНИЕ МОТИВАЦИЕЙ СОТРУДНИКОВ В ОРГАНИЗАЦИИ ПОСРЕДСТВОМ ВНЕШНИХ СТИМУЛОВ**

**М.В. Тимофеева, М.М. Тупина, А.П. Карасев**

Научный руководитель – **А.П. Карасев**, канд. экон. наук, доцент

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Яро-  
славский филиал

*В статье рассматриваются вопросы мотивации сотрудников в современной организации. Выявлены наиболее значимые проблемы управления стимулированием сотрудников, описаны формы материального и нематериального стимулирования работников.*

**Ключевые слова:** управление мотивацией, стимулирование сотрудников, мате-  
риальное стимулирование, нематериальное стимулирование.

## **MANAGING THE MOTIVATION OF EMPLOYEES IN THE ORGANIZATION THROUGH EXTERNAL INCENTIVES**

**M.V. Timofeeva, M.M. Tupina, A.P. Karasev**

Scientific Supervisor – **A.P. Karasev**, Candidate of Economics  
Sciences, Associate Professor

Financial University under the Government of the Russian Federation,  
Yaroslavl branch

*The article discusses the issues of employee motivation in a modern organization. The most significant problems of management of incentives for employees are identified, the forms of material and non-material incentives for employees are described.*

**Keywords:** motivation management, employee incentives, material incentives, non-  
material incentives.

В современных условиях персонал играет важнейшую роль, поскольку зачастую является ключевым звеном производственного механизма в любой организации. При этом предприятию для поддержания и повышения конкурентоспособности необходимы не только квалифицированные кадры, но и хорошо замотивированные, проявляющие интерес сотрудники.

Рассмотрим понятия «мотивация» и «стимулирование», управленцы зачастую рассматривают эти термины как аналогичные по смыслу, но это не так. Стимулирование – воздействие на человека посредством потребностно-значимого для него внешнего предмета (условия, объекта, ситуации и т.п.), побуждающего человека к определенным действиям (пребывание в комфортных условиях и т.п.) [1]. Мотивация – внутренний психический механизм человека, который обеспечивает опознание предмета соответствующего потребности и запускает направленное поведение по присвоению этого предмета (если он соответствует потребностям) [2].

Таким образом, некорректно говорить о мотивации сотрудников со стороны руководящих должностей организации, чтобы правильным образом управлять мотивацией сотрудников – нужно стимулировать их к проявлению мотивации.

Вопросами управления мотивацией сотрудников задавались всегда, но возможные решения сильно различаются.

В условиях рыночной экономики, где на первый план выходят индивидуальные достижения и индивидуальный рост, целесообразно использовать материальное стимулирование.

Основные формы материального стимулирования сотрудников:

- должностной оклад, величина которого зависит от качества выполняемой работы и сложности должностных обязанностей;
- премии, надбавки за качественные и количественные показатели труда;
- полная или частичная оплата транспортных расходов;
- полная или частичная оплата расходов на питание, обучение, лечение и т. д.

Да, материальное стимулирование имеет большое значение для мотивации персонала, но оно не во всех случаях является определяющим. Во-первых, имеются границы повышения заработной платы работника для его дальнейшего стимулирования. Привыкая к текущему доходу человек может снизить свою мотивацию. Во-вторых, нужно учитывать особенности российского менталитета. Так, Бердяев подчеркивал, что «душа русского народа была сформирована православной церковью, она получила чисто религиозную формацию». По этой причине возникает негативное отношение к излишне богатому населению. Эффективность только материального стимулирования снижается.

Социологические исследования показывают, что в условиях богатства, обеспечивающего приемлемый уровень жизни в современном мире, 20 % людей не хотят работать ни при каких обстоятельствах; остальные 36 % согласны работать, если им это интересно; 36 % пойдут на работу, чтобы избежать скуки; 14 % - от "самоудовлетворения"; 9 % - от радости от того, что рабочий процесс приносит свою пользу. Только 12 % опрошенных считают деньги главным мотивом своей работы, 45 % - лучшими бойцами для них, 35 % - удовлетворённость содержанием работы [3].

По этой причине в настоящее время менеджеры ищут новые формы управления мотивацией сотрудников, которые сочетают как материальное, так и нематериальное стимулирование.

К нематериальному стимулированию относят:

- создание комфортных условий работы (сюда относятся не только техническое оснащение рабочего места, но и благоприятный психологический климат в коллективе);

- создание корпоративной культуры (сотруднику важно осознание его важности перед руководством организации, причастность к дальнейшему повышению конкурентоспособности);

- возможность личностного роста в процессе работы и т. п.

Таким образом, главная задача руководства организации заключается в разработке системы управления мотивацией персонала, способной приспосабливаться к различным нуждам. Важно понимать, что такая система должна иметь не разовое применение, а многократное использование.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Верхоглазенко В.* Система мотивации персонала: понятия и определения. URL:<http://hr-portal.ru/article/sistema-motivacii-personala-ponyatiya-i-opredeleniya> (Дата обращения 26.02.2021).
2. *Виханский О.С.* Менеджмент: учебник / О.С. Виханский, А.И. Наумов.- Москва: Экномистъ, 2003. 528 с.
3. Мотивация персонала в компании: проблемы и решения. URL:<http://hr-portal.ru/article/motivaciya-personala-v-kompanii-problemy-i-resheniya> (Дата обращения 28.02.2021).

## ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОЧИХ МЕСТ СОТРУДНИКОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ

**М.В. Тимофеева, М.М. Тупина, А.П.Карасев**

Научный руководитель – **А.П. Карасёв**, канд. экон. наук, доцент

Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Яро-  
славский филиал

*Организация труда сотрудников на предприятии является одним из основных факторов успешной деятельности. Она влияет не только на эффективность и производительность труда сотрудников, но и на эмоциональную сферу человеческого капитала. Ведь даже если рабочее место сотрудника полностью укомплектовано, это не окажет существенного влияния на максимально успешное выполнение уставленных планов предприятия без правильной организации труда.*

**Ключевые слова:** организация труда, основные направления организации труда, организация рабочего места, задачи организации труда.

## THE MAIN PROBLEMS OF THE ORGANIZATION OF WORKPLACES OF EMPLOYEES IN THE ENTERPRISE

**Timofeeva M.V., Tupina M.M., Karasev A.P.**

Scientific Supervisor - **A.P. Karasev**, Candidate of Economics  
Sciences, Associate Professor

Financial University under the Government of the Russian Federation,  
Yaroslavl branch

*The organization of work in the enterprise is one of the main elements. The organization of work affects not only the efficiency and productivity of employees, but also the emotional sphere. After all, even if the employee's workplace is fully staffed, this will not have a significant impact on the maximum possible implementation of the company's established plans.*

**Keywords:** organization of labor, the main directions of labor organization, organization of the workplace, tasks of labor organization.

В последние годы в деятельности многих предприятий все большую роль приобретает необходимость правильной организации труда сотрудников.

В тоже время в данном направлении существует множество проблем, которые нужно проанализировать и успешно разрешить.

Рассматривая терминологию, однозначно можно сделать вывод того, что организация труда – это совокупность определенных мероприятий, которые направлены на равномерное и рациональное использование и распределение труда работников при заданных условиях механизации и улучшения технологии работ и имеют целью увеличение производительности труда.

Организация труда включает в себя следующие основные вопросы и направления:

1. Улучшение рабочего места сотрудников, как для удобства использования, так и в техническом обслуживании периферии, которая установлена.
2. Улучшение разделения и кооперирование труда.
3. Внедрение новых методов и технологий труда, которые в последующем повысят производительность и эффективность использования оборудования.
4. Улучшение нормирования и оплаты труда работников.
5. Разработка, внедрение и применение методов материального и морального стимулирования работников для дальнейшего увеличения производительности труда.
6. Улучшение условий труда.
7. Улучшение трудовой дисциплины и делового отношения.
8. Профессиональное и культурное развитие работников. [3]

На основе анализа основных направлений организации труда, становится ясно, что одной из ключевых проблем, возникающих на предприятии, является организация рабочего места сотрудника.

К организации рабочего места относится оснащение рабочего места сотрудника предметами и инструментами труда для выполнения полного объема работ, которые предусмотрены его должностными обязанностями. Ее основной целью является оптимизация условий труда работников, обеспечение нормативной производительности труда и необходимого качества труда, а также охрана труда. [2]

При формировании рабочего места необходимо учитывать максимальное количество возможных вариантов. Из всех вариантов выбирается наиболее рациональный, который будет применяться ко всей организации в целом. В связи с этим при совершенствовании организации и содержания рабочего места необходимо решить следующие задачи, являющиеся основным содержанием организации труда на рабочем месте:

1. Обеспечить условия для наиболее продуктивной работы исполнителя и оптимизации материально-технических ресурсов рабочего места. Это достигается четким определением трудовой функции и обязанностей исполнителя, максимальной механизацией, оснащением рабочего места средствами и приспособлениями малой механизации.

2. Создать наиболее благоприятные психофизиологические, санитарно-гигиенические и эстетические условия труда. Это достигается максимальным облегчением работы при разумной рабочей позе, расслаблении нервного напряжения, рациональном освещении рабочей зоны, оптимальном температурном режиме, нормальной влажности, уровне шума и загрязнения воздуха, обеспечением безопасности труда на рабочем месте и так далее.

3. Обеспечить бесперебойную работу сотрудников предприятия. [5]

Если рассмотреть несколько из внешних типов организации рабочего места, то они, как правило, в основном выглядят аккуратно, сдержанно, не перегружено, но очень однотипно. А ведь рабочее место – это как «личное пространство» сотрудника во время выполнения своих должностных обязанностей в рабочее время. Поэтому можно дать сотрудникам возможность оформить рабочее место так, как они хотят, не нарушая правил приличия и этики. Сотрудники могут повесить на работе свои любимые картины, хранить на столе различные аксессуары (например, стеклянные шары с блестками внутри), настольные рисунки на компьютере и так далее. Если у сотрудника есть свой кабинет, то дизайн также зависит от него. Такой шаг демонстрирует тот факт, что менеджер сначала дает понять, что свобода мысли и творчества сотрудника приветствуется. Необходимо понимать, что сотрудник должен быть обеспечен всем необходимым оборудованием, кабинетами, для выполнения служебных обязанностей. Сотрудников не должен беспокоить ни один предмет: количество предоставленных ручек, отсутствие ручного калькулятора и так далее.

Правильно сформированное и оформленное рабочее место максимально повысит уровень производительности, эффективности и качества работы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 29.12.2020).
2. *Адамчук В.В.* Организация и нормирование труда. М.: «Финстатинформ», 2018 г. 301 с.
3. *Бычин В.Б.* Организация и нормирование труда: учебник для вузов. М.: «Экзамен», 2017. 464 с.
4. *Егоршин А.П.* Организация труда персонала: Учебник / А.П. Егоршин, А.К. Зайцев. М.: ИНФРА-М, 2019. 320 с.
5. *Маслов Е.В.* Управление персоналом предприятия. М.: ИНФРА-М; Новосибирск: НГАЭиУ, 2016. 312 с.

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ С КЛИЕНТАМИ НА ОСНОВЕ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ CRM-СИСТЕМЫ**

**М.А. Тихомирова, А.А. Киселев**

Научный руководитель – **А.А. Киселев**, канд. пед. наук,  
профессор

Финансовый университет при Правительстве РФ, Ярославский филиал

*В работе рассматриваются вопросы повышения эффективности работы с клиентами с позиций обеспечения нужного организации уровня конкурентоспособности.*

***Ключевые слова:** CRM-система, база данных, автоматизированная информационная система, DENTAL 4 WINDOWS, «цифровая экономика».*

## **IMPROVING THE EFFICIENCY OF WORKING WITH CLIENTS THROUGH THE INTRODUCTION OF AN AUTOMATED CRM SYSTEM**

**M.A. Tikhomirova, A.A.Kiselev**

Scientific Supervisor - **A.A. Kiselev**, Candidate of Pedagogical Sciences,  
Professor

Financial University under the Government of the Russian Federation,  
Yaroslavl branch

*The paper examines issues of improving the efficiency of working with clients from the point of view of ensuring the necessary level of competitiveness for the organization*

***Keywords:** Crm-system, database, automated crm-system, DENTAL 4 WINDOWS, digital economics.*

Сегодня в стране активно ведется работа по переходу к «цифровой экономике», что актуализирует вопросы повышения эффективности работы с клиентами организаций на основе внедрения автоматизированных систем. Для исследования проблем и путей их решения в рассматриваемой области, нами было взято внедрение автоматизированной информационной GRM-системы в ООО «Юсодент».

Стоматология «Юсодент» - это клиника, которая оснащена по последнему слову техники и имеет уникальное стоматологическое оборудование и программное обеспечение, позволяющие успешно внедрять высокие стандарты качества стоматологических услуг в г. Ярославле.

В процессе работы проводилось исследование эффективности работы с клиентами в исследуемой организации и выявление влияния CRM-системы как инструмента повышения эффективной работы с клиентами, чтобы выделить основные пути повышения конкурентоспособности организации, так как в Ярославле на рынке стоматологических услуг действует достаточно много организаций.

В настоящее время объемы доступной информации о потребителях становятся все больше, а программы лояльности перестали быть просто хорошо построенными системами скидок и бонусов, привлекающие клиентов, что обозначило необходимость повышения эффективности работы с клиентами с использованием автоматизированных систем, что актуализирует тему исследования.

Нужно учитывать, что именно информационные системы расширяют профессиональные возможности специалистов и позволяют осуществлять деятельность хозяйствующего субъекта более рационально, целенаправленно и экономно, а, следовательно, более эффективно. Это связано с тем, что такие системы позволяют в режиме реального времени отслеживать вопросы регистрации и сопровождения клиентов организации. В основе решения этой задачи лежит обработка информации о реальных и потенциальных клиентах, их месте жительства и работы, а также доведения нужной и актуальной для клиентов информации, чтобы повысить для них привлекательность стоматологических услуг ООО «Юсодент».

В ходе проведения исследования использования автоматизированных систем в подобных организациях была обнаружена проблема регистрации и сопровождения клиентов, так как существующие автоматизированные информационные системы часто не подходят организациям, оказывающим стоматологические услуги, учитывая специфику их деятельности.

Для того, чтобы повысить эффективность работы с клиентами организаций стоматологических услуг была выбрана стоматологическая клиника ООО «Юсодент», которая начала внедрять автоматизированную CRM-систему, как предполагалось, наиболее подходящую для решения обозначенных задач.

В результате включенного наблюдения, опросов работников организации и клиентов был произведен анализ эффективности CRM-системы и ее соответствие решаемых организацией задач по взаимодействию с клиентами, выявлены проблемы взаимоотношений с клиентами ООО «Юсодент» и на основе этого предложены направления совершенствования взаимоотношений с клиентами ООО «Юсодент», проведено экономическое обоснование предложенных рекомендаций.



При этом мы учитывали, что при выборе программного обеспечения системы автоматизации бизнес-процессов можно пойти двумя путями:

- использование типового продукта;
- разработка и внедрение индивидуального программного обеспечения.

В процессе анализа эффективности рассматриваемой автоматизированной системы в ООО «Юсодент» нами просчитывался ряд показателей, позволяющих объективно оценить степень повышения эффективности работы в организации с клиентами за счет внедрения автоматизированной информационной GRM-системы.

Во-первых, на основе полученных статистических данных о деятельности организации был рассчитан коэффициент удержания клиентов (CRR) –  $K_{ук}$  [1]. Для этого необходимо было из количества клиентов на конец исследуемого периода вычесть количество новых клиентов за этот период, а затем эту разность разделить на количество клиентов на начало периода, выраженный в процентах.

$$K_{ук} = (Q_{кп} - Q_{нк}) / Q_{нп} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

где:  $K_{ук}$  - коэффициент удержания клиентов,

$Q_{кп}$  - количество клиентов на конец периода

$Q_{нк}$  - количество новых клиентов за период времени,

$Q_{нп}$  - количество клиентов на начало периода.

*Коэффициент удержания клиентов* отражает ситуацию о том, насколько хорошо организация может сохранять своих клиентов.

Проблема здесь заключается в том, как выбрать правильный период времени, в течение которого оценивается данный показатель, так как в зависимости от сферы деятельности организации, данный временной интервал может существенно отличаться.

При этом учитывалось, что чем выше данный показатель, тем лучше работает в организации стратегия удержания клиентов.

Во-вторых, мы учитывали, что коэффициент удержания клиентов легко преобразуется в коэффициент оттока клиентов (**turn rate**): **коэффициент оттока равен 1 минус коэффициент удержания клиентов.**

$$K_{оттока} = 1 - K_{ук} . \quad (2)$$

Этот показатель наиболее четко «высвечивает» проблемы организации при взаимодействии с клиентами.

В-третьих, был рассчитан такой показатель, как «пожизненная» ценность клиента, то есть доход/прибыль, приносимые клиентом в течение периода (жизненного цикла) его покупательной активности – LTV/LTP.

Данный показатель определялся следующим образом.

Сначала определялась средняя стоимость покупки (LTV):

$LTV = (\text{Продолжительность отношений} / \text{Средний промежуток времени между покупками})$ . (3)

Затем была рассчитана средняя прибыльность покупки (LTP):

$LTP = (\text{Продолжительность отношений} / \text{Средний промежуток времени между покупками}).$  (4)

В результате такого подхода нами были произведены затраты на внедрение автоматизированной CRM-системы в ООО «Юсодент» на основе данных бухгалтерии. Рассчитанные затраты показали, что стоимость внедрения CRM приемлема для клиники [3]. При этом срок окупаемости получается меньше месяца, а показатель стратегического контроллинга (ROI) после внедрения CRM-системы составил 7%.

Таким образом, исследование показало, что принятие управленческого решения о внедрении системы в ООО «Юсодент» было целесообразно и является коммерчески выгодным для организации за счет повышения эффективности работы с клиентами [2].

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как рассчитать коэффициент удержания клиентов (CRR). URL: <https://tcblog.ru/customer-retention/>
2. *Киселев А.А.* Принятие управленческих решений: учебник. М.: КноРус, 2021. 170 с.
3. *Киселев А.А.* Риск-менеджмент: учебник. М.: КноРус, 2021. 167 с.

## АЛГОРИТМ ОПТИМИЗАЦИИ ИЗДЕРЖЕК СТРОИТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**П.А. Уточкина, А.А. Голышев, В.Д. Сухов**

Научный руководитель – **В.Д. Сухов**, канд. хим. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются важнейшие методы, способствующие в проведении мероприятия по оптимизации издержек. Анализируется структура издержек и определены возможности их декомпозиции. Предложен поэтапный план оптимизации издержек организации. Разработан алгоритм действий по сокращению затрат.*

**Ключевые слова:** издержки, себестоимость, оптимизация издержек, система управления издержками.

## ALGORITHM FOR REDUCING THE COSTS OF A CONSTRUCTION AND INSTALLATION ORGANIZATION

**P.A. Utochkina, A.A. Golyshev, V.D. Sukhov**

Scientific Supervisor – **V.D. Sukhov**, Candidate of Chemistry  
Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The most important methods that help in carrying out an event to optimize costs are considered. The cost structure is analyzed and the possibility of their decomposition is revealed. The article-by-article plan for reducing costs in the organization is proposed. To reduce costs, the organization has developed an algorithm of actions.*

**Keywords:** costs, cost price, cost reduction, cost management system.

Издержки, понесённые в результате производственного процесса, оказывают непосредственное влияние на эффективность деятельности строительной организации. Их оптимизация позволит организации уменьшить себестоимость готовой продукции и повысить прибыль. Для оптимизации издержек проводится их анализ, выявляются те издержки, которые возможно сократить, не снижая качество продукции. Первичным этапом решения задачи по оптимизации издержек, является проведение общего анализа экономической ситуации в организации. Основой для такого анализа служат отчетные документы

(бухгалтерские, управленческие, хозяйственные и др.). Затем менеджеры формируют выводы о величине затрат, конкретно определяя к какому виду относятся затраты (к приемлемым или избыточным), и после этого принимают управленческое решение. Для оптимизации издержек деятельности строительно-монтажной организации, разработан и предлагается к использованию следующий алгоритм действий:

Этап 1. Необходимо выбрать систему (метод) сокращения затрат в строительной организации, которую предприятие будет использовать в своей работе. Для изучения методов необходимо обратиться к литературным источникам [1,2], в которых представлено множество разнообразных методов управления затратами, а также приведены их особенности применения, преимущества и недостатки. Исходя из поставленной цели, осуществляется выбор метода управления затратами, среди которых наиболее часто используются директ-костинг, стандарт-кост, таргет-костинг, кайдзен-кост, кост-киллинг, системы ABC, ЛТ и др. Именно эти методы оказываются наиболее эффективными в конкретных экономических условиях. Проведенный анализ показал, что системы «директ-костинг» и «стандарт-костинг» нецелесообразно применять для учета затрат предприятий строительного комплекса, метод ABC рекомендуется применять на проектном этапе в строительстве, совместное применение таргет-костинга и кайдзен-костинга позволяет добиться меньшей себестоимости строительных работ, система кост-киллинг предлагает пути снижения затрат в сжатые сроки, а метод бенчмаркинга позволяет проводить сравнение затрат аналогичных организаций.

Кроме перечисленных методов имеются и другие методы анализа затрат, например, статистические методы, которые требуют большого количества исходных данных. В результате анализа должны быть сделаны следующие выводы: объем и виды издержек, которые несет организация, поведение этих затрат (в динамике), кто/что является источником данных затрат (подразделение/ актив/ бизнес-процесс).

Этап 2. Определение структуры издержек и возможность их декомпозиции. Декомпозиция заменит решение одной большой задачи на решение множества более простых задач, что в целом упростит работу менеджеров. Далее рассчитывается процентного соотношения отдельных видов затрат в общем их объеме, и находится доля доминирующих затрат, которые необходимо сокращать в первую очередь. Важность этого этапа состоит в том, что именно эти затраты оказывают значительное влияние на экономическое положение организации.

Выявленные значимые для организации затраты, отчетливо заметны в экономической и расходной структуре организации. Располагая сведениями о затратах менеджеры организации, ранжируют их в приоритетном порядке для последующего их детального анализа и принятия решений по их минимизации. Результатом этого этапа является нахождение инструментов для эффективного воздействия на установленную группу затрат.

Этап 3. На этом этапе осуществляется разработка постатейного плана уменьшения затрат, в котором устанавливаются возможные объемы сокращения затрат (в том числе их составных частей) и устанавливаются сроки выполнения данных мероприятий.

Проведенный анализ выявил несколько видов возможного сокращения издержек:

1) Абсолютное – сокращения величины постоянных и/или переменных затрат внутренними силами организации без внесения существенных изменений ее бизнес-процессов, например, сокращение величины заработной платы непроизводственных работников.

2) Частичный или полный перевод затрат из постоянных в переменные.

3) Замещение затрат на меньшие, оказываемые сторонней организацией, то есть передачу выполнения второстепенных бизнес-процессов другой подрядной организации (аутсорсинг). Это позволит организации избавиться от выполнения непрофильных функций, сократить штат работников, уменьшить совокупный фонд оплаты труда.

4) Принятие инвестиционных решений, которые приведут к модернизации оборудования, применению новых технологий.

5) Изменение внутренних бизнес-процессов организации, которые ведут к оптимизации затрат.

6) Договоренности с внешними контрагентами организации.

Исходя из опыта сокращения издержек, как правило, на большинстве предприятий превалирует несколько статей затрат, которые суммарно могут составлять более 2/3 от общего объема затрат. Это в первую очередь затраты на сырье и материалы, транспорт, информационные технологии, фонд оплаты труда и др.

К исключениям могут относиться организации с развитой (в силу технологической необходимости) тепло- и/или электроэнергетикой (как правило, крупные производственные предприятия). Такая классификация предоставляет возможность предприятиям использовать инструментарий для воздействия на индивидуальные составляющие от общего числа затрат.

Этап 4. Разработка и ввод плана сокращения затрат является завершающим шагом алгоритма снижения затрат в организации. Для успешного исполнения разработанного плана нужно решить проблемы команды (исполнителей), ресурсов (материальных/трудовых), времени (сроках исполнения). С учетом того, как менеджерами организации будут решать данные вопросы, существует три основных способа реализации плана.

1. Административная реализация.

2. Проектная реализация.

3. Реализация путем создания постоянного органа в составе организационной структуры.

Текущий алгоритм может быть применен для любых организаций и гарантированно приведет к сокращению затрат не менее чем 3-5% от полных затрат в зависимости от отрасли предприятия.

Реализация процессов уменьшения затрат позволит организации:

1. Увеличить экономическую эффективность и отдачу всех затрат, ресурсов и вложений;
2. Нарастить доходность реализуемого бизнеса, существенно интенсифицировать маркетинговую деятельность;
3. Шире осуществлять поиск альтернативных решений, по замене существующих бизнес-процессов на менее затратные варианты;
4. Внедрять принципиально новые фундаментальные решения организации и ведения производственной деятельности, вплоть до изменения парадигмы бизнеса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Асаул А.Н.* Управление затратами в строительстве / А.Н. Асаул, М.К. Старовойтов, Р.А. Фалтинский; под ред. д-ра экон. наук, проф. А.Н. Асаула. СПб: ИПЭВ, 2009. 392с.
2. *Якупов И.Ф.* Основные принципы и методы управления затратами на производство продукции // Проблемы современной экономики. Материалы II Междунар. науч. конф. Челябинск. 2012 С. 131-134.

## **ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ В РАМКАХ РЕАЛИЗАЦИИ КОНЦЕПЦИИ БЕРЕЖЛИВОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**П.А. Уточкина, Л.В. Смирнов, М.Б. Абрамова**

Научный руководитель – **М.Б. Абрамова**, канд. хим. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрена концепция бережливого производства, виды потерь, инструменты их выявления и пути устранения. Проанализированы результаты внедрения концепции бережливого производства на заводах компании ООО «Пивоваренная компания «Балтика».*

***Ключевые слова:** бережливое производство, издержки, потери производства, пути совершенствование производства, инструменты обнаружения потерь.*

## **WAYS TO IMPROVE THE PRODUCTION ACTIVITIES WITHIN OF IMPLEMENTATION OF THE LEAN MANUFACTURING CONCEPT**

**P.A. Utochkina, L.V. Smirnov, M.B. Abramova**

Scientific Supervisor – **M.B. Abramova**, Candidate of Chemistry Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The concept of lean production, types of losses, tools for identifying them and ways to eliminate them are considered. The results of the implementation of the concept of lean production at the plants of the company "Baltika Brewing Company" LLC are analyzed.*

***Keywords:** lean manufacturing, costs, production losses, ways to improve production, tools for detecting losses.*

Получение максимального эффекта с минимальными издержками, экономия трудовых, материальных и финансовых ресурсов ключевая цель любой организации, которая применяет концепцию бережливого производства, ведь конечной целью функционирования хозяйствующего субъекта является прибыль.

Бережливое производство (англ. Lean Production / Lean Manufacturing) – концепция организации предпринимательской деятельности, направленная на

формирование привлекательной ценности для потребителя путем создания постоянного потока формирования ценности с охватом всех процессов предприятия (включая процессы менеджмента, процессы проектирования, НИР и ОКР, обслуживания, логистики и др.) и их постоянного улучшения через привлечения персонала и ликвидацию всех видов потерь.

Предприятие, работающее по принципам бережливого производства, понимает потребительскую ценность и фокусирует собственные основные процессы на постоянном увеличении данной ценности. Конечная цель - достижение максимальной ценности для потребителя с помощью процесса формирования абсолютной ценности с нулевыми потерями. Для достижения этой цели в теории бережливого производства внимание управленческих усилий направлено на оптимизацию потоков товаров и услуг с помощью потоков создания ценности, которые горизонтально пронизывают технологии, активы и подразделения на пути к потребителям.

Во всех системах, не только производственных, существует масса факторов, тормозящие работу и повышающих потери предприятия при работе. Тайити Оно выделил семь видов потерь производства:

1) Потери перепроизводства: предприятие выпускает продукции больше, чем необходимо рынку, впрок, «на всякий случай», после чего эта продукция долго лежит на складе

2) Потери из-за дефектов и необходимости переделки: они возникают, когда нет встроенной системы качества, предохраняющей продукт от ошибок еще на стадии производства.

3) Потери при передвижении: ненужные перемещения персонала, товара, сырья и оборудования, когда приходится передвигаться из цеха на склад, обходить ненужные предметы и т. д.

4) Потери при транспортировке: этапы производства расположены далеко друг от друга, что требует применения транспортных средств, затраты времени и денег.

5) Потери от излишних запасов: они замораживают деньги и не приносят дохода, пока лежат на складе мертвым грузом и требуют затрат на их хранение.

6) Потери от излишней обработки: производство товара с более высокими характеристиками, чем нужно потребителю, за которые платить ему нецелесообразно.

7) Потери времени на ожидания: обычная ситуация, когда люди вынуждены ждать информации, материалов или действий.

8) Неиспользованный или нереализованный человеческий потенциал – это исключение личных качеств, знаний, умений и навыков сотрудника из выполняемой им работы.

Для создания процессов, которые нуждаются в меньшем количестве затрат для производства товаров, и услуг при значительном снижении издержек и дефектов, необходимо устранение потерь на всем пути создания



ценности. Для достижения данного результата используются различные инструменты устранения излишних издержек: 5S (Сортировка, Самоорганизация, Систематическая уборка, Стандартизация, Совершенствование); Continuous Flow (Непрерывный поток); Kaizen (Постоянное улучшение); Just-in-time (Точно в срок); Kan-ban (Вытягивающая система); KPI (Ключевые индикаторы производительности); Poka-Yoke (Защита от ошибки, защита от дурака); TPM (Всеобщее обслуживание оборудования); Стандартизированная работа; SMED (Быстрая переналадка).

Объектом данного исследования является ООО «Пивоваренная компания «Балтика». Для предприятий пивной отрасли России в последние годы актуальной становится задача снижения издержек, поскольку предприятия работают в условиях падающего спроса и государственного регулирования в рамках антиалкогольной пропаганды. Поэтому внедрение концепции бережливого производства является важным фактором повышения конкурентоспособности промышленных предприятий.

В ходе исследования были проанализированы результаты внедрения концепции бережливого производства на предприятии ООО «Пивоваренная компания «Балтика». За счет внедрения комплекса мероприятий на основе концепции менеджмента бережливого производства, основанной на неуклонном стремлении к устранению всех видов потерь, на предприятии достигнуты определенные результаты.

#### 1. Энергосбережение.

В 2016 г. началась реализация новой программы «Энергия лидеров», которая направлена на оптимизацию энергопотребления основного, вспомогательного и непрофильного производства. Также на двух своих производственных площадках в Самаре и Ярославле «Балтика» реализовала экологический проект по использованию биогаза в качестве топлива в котельных. Показатель энергопотребления на заводе улучшился на 3,1 %. Данные результаты были достигнуты за счет оптимизации потерь, корректировки технологических режимов оборудования, внедрения инноваций. Использование биогаза как альтернативного источника энергии позволило сократить потребление природного газа примерно на 10 % в год, что приносит 5 млн руб. прибыли ежегодно.

#### 2. Логистика

Самыми значимыми проектами компании в области логистики считается внедрение электронного аукциона на получение услуг по доставке привлеченным автотранспортом, это способствовало сдерживанию роста издержек при повышении тарифов на транспортные услуги; проведение аудитов по организации хранения на собственных и внешних складах, оптимизацию количества и географии складских мощностей и работы складов; так же были внедрены системы открытых тендеров на услуги по ремонту вагонов компании, что улучшило условия договоров с поставщиками.

Помимо этого, на заводах был внедрен контроль за эффективности транспортных маршрутов через GPS (Global Positioning System– глобальная система позиционирования), такие меры позволили повысить эффективность использования грузового автотранспорта.

Был внедрен современный инструмент Business Intelligence (BI), который способствовал повышению эффективности управленческих решений в логистической сфере, так же усилению контроля логистических операций. Данный инструмент позволяет быстро реагировать на изменения и помогает в анализе деятельности службы логистики; в долгосрочной перспективе развитие BI позволит усилить контроль над всей логистической цепочкой.

Таким образом, можно сделать вывод, что в условиях продолжающегося общего падения рынка пива, связанного со сложной макроэкономической обстановкой, пандемией коронавируса, несбалансированным регулированием и налогообложением отрасли в России, актуальным для компании становится поиск новых способов извлечения выгоды, в том числе посредством совершенствования производственной деятельности в рамках концепции бережливого производства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бережливое производство. Построение карт потока создания ценностей : курс лекций в слайдах / под ред. Г.М. Скударя. Новокраматорск. машиностроит. завод. Краматорск. 2014. Ч. 6. 57 с.
2. *Грачев А.Н.* «5S»: от метода к культуре / А.Н. Грачев, И.А. Киселев // Стандарты и качество. 2015. № 5. С. 88-93.
3. *Наугольнова И.А.* Актуальность развития бережливого производства на отечественных предприятиях в условиях глобализации экономики // Проблемы развития предприятий: теория и практика. Материалы 12-й Междунар. науч.-практ. конф., 21-22нояб. 2013г. -Ч1. Самара: Изд-во Самар. гос. экон. ун-та, 2013. 340 с.

## РОЛЬ РЕМИТТАНЦОВ В ЭКОНОМИКЕ МЕКСИКИ

**А.А. Чистякова**

Научный руководитель – **Е.В. Сапир**, д-р экон. наук, профессор

Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

*В статье рассмотрены основания для расширения денежных переводов мексиканских мигрантов семьям на родину. Сделаны выводы о том, что ремиттансы в Мексику обусловлены причинами трудовой миграции и направлены на нивелирование ряда острых социально-экономических проблем в стране.*

**Ключевые слова:** Мексика, ремиттансы, бедность, экономическое неравенство, трудовая миграция, занятость.

## THE ROLE OF REMITTANCES IN THE MEXICAN ECONOMY

**A.A. Chistyakova**

Scientific Supervisor – **E.V. Sapir**, Doctor of Economic Sciences,  
Professor

P.G. Demidov Yaroslavl State University

*The article deals with the reasons for expanding the money transfers sent by Mexican-backed migrants to their families back home. The author argues that remittances to Mexico are generated by the causes of labor migration and are aimed at leveling socio-economic disparities in the country.*

**Keywords:** Mexico, remittances, poverty, economic inequality, labor migration, employment.

Мексика – вторая в мире экономика-реципиент личных переводов мигрантов из стран их пребывания в 2019 году. Объем таких переводов (ремиттансов) составил 39,022 млрд. \$ США (3,1 % от ВВП) [1], что превышает ввоз ПИИ на 18,53 % [2]. Среднегодовой темп роста ремиттансов за период с 1961 г. по 2019 г. – 122,39 %.

Можно выделить следующие причины таких переводов (рисунок 1):



**Рис. 6. Факторы роста объёмов ремиттансов в Мексику**

1. Значительная *дифференциация доходов* населения ( $K_G > 45\%$ ) – центральная социально-экономическая проблема. За 26 лет с 1992 по 2018 значение  $K_G$  понизилось лишь на 8,3 п.п. Проблема глубокого экономического неравенства населения на сегодняшний день эффективно не решена. По оценкам Международной организации труда, в 2017 г. на верхний дециль занятых приходится 30,05 % совокупных трудовых доходов, а на долю нижнего – 1,14 %. Кроме того, размер минимальных заработных плат очень низок [5].

2. Высокая доля *бедного населения*. После мексиканского кризиса 1994 г. больше 20% жителей страны имело доходы менее 1,9 \$ США по ППС в день на душу населения. Вероятно, относительная бедность носила еще более обширный характер. При этом даже в кризисные годы официальный уровень безработицы составлял не более 7,1 %, а во втором десятилетии XXI века колеблется в районе 3,5-5,2 %, [1] что указывает на такую социально-экономическую проблему, как большое количество *«рабочей бедности»* в 1990-х гг. Основная часть экономически активного населения была занята, но многие работающие не могли обеспечить себе достойный уровень жизни, что говорит о кризисной ситуации на рынке труда, стимулирующей трудовую эмиграцию.

3. *«Неформальная экономика»* – характерная черта многих развивающихся стран. На 2004 г. 65,9 % занятых приходилось на так называемую неформальную занятость [3]: занятые вне формального сектора, работающие без заключения официального контракта, самозанятые, трудящиеся в семейных хозяйствах и т. д. Несмотря на повышение качества жизни, особенно в последнее десятилетие, неформальная занятость повышает уязвимость населения,

снижает эффективность системы социальной защиты, тем самым препятствует инклюзивному росту. Мексиканская институциональная система всё еще развита слабо. Так, например, по данным 2016 г., доля населения Мексики, охваченная хотя бы одним пособием социальной защиты, составила 50,6 %, в то время как в развитых странах этот показатель составляет 80-100 %.

4. *Геополитический фактор*: географическое расположение по соседству со второй экономикой в мире оказывает благоприятное влияние на мотивы трудовой мобильности как у представителей немногочисленного среднего класса, так и у представителей наименее обеспеченных слоёв населения, в то же время всё больше увеличивая зависимость Мексики от Соединённых Штатов. Переводы из США в Мексику в 2017 г. составили 30 млрд. \$ США [4] (крупнейший межстрановой поток ремиттансов в мире).

5. *Неравенство в доступе к среднему и высшему образованию*. Государство ориентирована в первую очередь на развитие школьного образования. Получение высшего образования доступно преимущественно более обеспеченным слоям населения. Нередко такое обучение проходит за границей (в США или Канаде) [5].

Для проверки гипотезы о существовании положительного влияния переводов на решение некоторых социально-экономических проблем нами были использованы инструменты эконометрического моделирования (таблица 1).

**Таблица 1. Влияние переводов трудовых мигрантов на решение социально-экономических проблем в Мексике**

Социально-экономическая проблема	Влияние ремиттансов
Экономическое неравенство	Увеличение потоков на 1 % приводит к снижению значения $K_G$ на 0,056 % (5 % у. з.)
Бедность	Увеличение потоков на 1 % приводит к снижению уровня бедности на 0,634 % (1 % у. з.)

Таким образом, действительно, крупный поток ремиттансы в Мексику обусловлены рядом внутренних проблем и ограниченностью перспектив и возможностей.

Ремиттансы можно считать значимым источником финансирования мексиканской экономики, направленным на обеспечение достойного уровня благосостояния, стимулирование внутреннего потребления. Денежные переводы мигрантов во многом носят компенсаторный характер, сглаживают последствия воздействия узких мест в национальной системе институтов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. THE WORLD BANK. URL:<https://data.worldbank.org/indicator>

2. WORLD INVESTMENT REPORT 2020. UNCTAD. URL:<https://unctad.org/webflyer/world-investment-report-2020>
3. International Labor Organization. ILOSTAT. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ilostat.ilo.org/>
4. Международные денежные переводы мигрантов — важнейший источник финансирования развивающихся стран. Бюллетень о текущих тенденциях мировой экономики. Выпуск № 48, сентябрь 2019. Аналитический центр при Правительстве РФ, 2019. URL:<https://ac.gov.ru/publications/topics/topic/7075?page=4>
5. Социально-экономическое развитие Мексики. Бюллетень о текущих тенденциях мировой экономики. Выпуск № 42, март 2019. Аналитический центр при Правительстве РФ, 2019. URL:<https://ac.gov.ru/publications/topics/topic/7075?page=5>

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛОМ ПРИ УДАЛЕННОМ ФОРМАТЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛА

**И.А. Шалаев, Т.Н. Несиоловская**

Научный руководитель – **Т.Н. Несиоловская**, д-р техн. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*В работе рассматривается совершенствование технологий управления персоналом с учетом текущих турбулентных изменений и появления абсолютно нового формата выполнения функционала.*

***Ключевые слова:** компания финансового сегмента, управление персоналом, турбулентные изменения, удаленное выполнение функционала.*

## IMPROVEMENT OF THE PERSONNEL MANAGEMENT SYSTEM BY INTRODUCING A REMOTE FORMAT FOR PERFORMING THE FUNCTIONALITY

**I.A. Shalaev, T.N. Nesiolovskaya**

Scientific Supervisor - **T.N. Nesiolovskaya**, Doctor of Technical  
Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The paper considers the improvement of personnel management technologies, taking into account the current turbulent changes and the emergence of a completely new format for performing the functionality.*

***Keywords:** financial segment company, personnel management, turbulent changes, remote execution of functionality.*

Современный мир – это мир цифровых технологий, позволяющий осуществлять коммуникации на дальних расстояниях, что привело к развитию новых организационных форм и трудовых отношений. Наиболее ярким примером таких организационных отношений выступает удаленная работа [1]. В России, до недавнего времени, количество сотрудников, выполняющих функциональные обязанности в удаленном формате, было незначительно, что объяснялось сложностью координировать и контролировать их работу и снижением

продуктивности рабочего процесса. В связи с пандемией коронавируса компаниям пришлось столкнуться с рядом серьезных турбулентных изменений, основными из которых стали рост безработицы, а, следовательно, снижение доходов населения и самих компаний, а также необходимость обеспечить безопасность работников и снизить риск их заражения в транспорте и офисе.

Введение обязательного режима удаленной работы, привело к пониманию возможности радикального изменения привычного рабочего графика для представителей большинства профессий. Например, сотрудникам направления телемаркетинга, а также back-офисных вакансий абсолютно не обязательно работать из офиса, что приносит обоюдную выгоду:

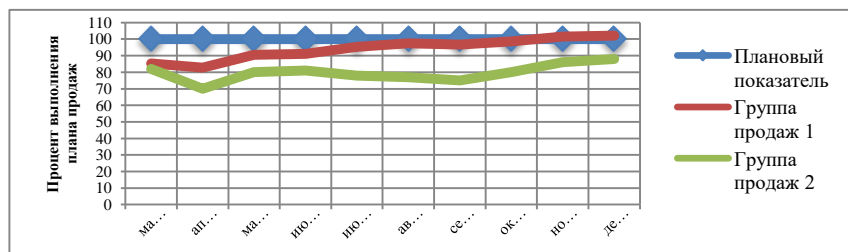
- сотруднику предоставляется возможность более полноценно распоряжаться своим временем;
- работодатель получает отличную возможность существенно сократить расходы на обеспечение рабочего места сотрудника и офисного помещения в целом.

С другой стороны, работа в удаленном формате выявила ряд сложностей:

- размытие границ «офис-дом», что отвлекает от привычного ритма выполнения функциональных обязанностей;
- изменение системы коммуникаций, что приводит к уменьшению информационной наполненности процесса;
- изменение привычной иерархичности, что затрудняет процесс коммуникации сотрудников и может привести к росту конфликтов.

После снятия обязательного режима самоизоляции сотрудников руководство компании сталкивается с противоречивой ситуацией - оставить сотрудников на удаленном рабочем месте или вернуть традиционный и отработанный формат работы в офисе.

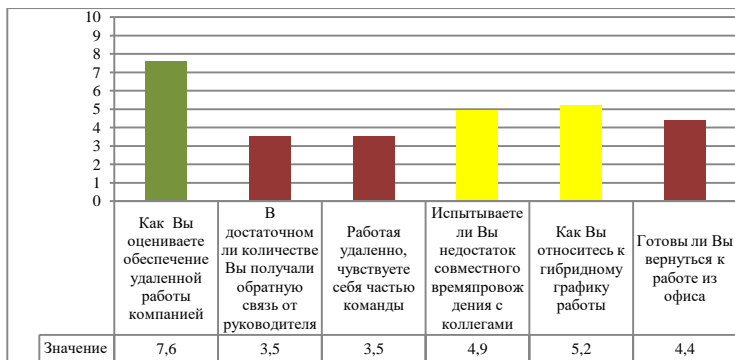
Каждая компания принимает решение самостоятельно, основываясь на имеющейся кадровой ситуации. В качестве примера рассмотрим результаты деятельности сотрудников отдела телемаркетинга АО Группа Ренессанс страхование, а также итоги их удовлетворенности условиями работы в удаленном формате.



**Рис. 1. Выполнение плановых показателей групп продаж, во время нахождения на удаленных рабочих местах**



Целевая функция отдела телемаркетинга – продажи. Проанализировав полученные результаты по объемам продаж двух групп сотрудников (рисунок 1), можно сделать вывод о том, что, несмотря на существенные для сотрудников изменения, связанные с выполнением функционала за пределами офисного помещения, удалось преодолеть кризис неизвестности и непривычности и выйти на приемлемые показатели результативности.



**Рис. 2. Результаты проведенного тестирования сотрудников отдела телемаркетинга**

Анализ степени удовлетворенности сотрудников условиями работы в удаленном формате представлен на рисунке 2: значения, полученные в интервале от 0 до 4,5, являются абсолютно неудовлетворительными, маркируются красным цветом и требуют оперативного внедрения фундаментальных корректирующих мероприятий [2]. На основе данных, полученных в ходе тестирования сотрудников отдела телемаркетинга, можно сделать следующие выводы:

- больше половины сотрудников не готовы вернуться к стандартному офисному рабочему месту;
- несмотря на отсутствие желания возвращения к стандартному офисному рабочему месту, более половины сотрудников рассматривают возможность гибридного графика работы;
- учитывая сложившуюся обстановку, обязательный моментальный вывод сотрудников на стандартное выполнение функционала из офиса приведет к ухудшению сложившейся обстановки, вероятному оттоку кадров из компании и снижению конкурентоспособности рабочих условий на данной вакансии по отношению к другим компаниям данного сегмента рынка.

Наиболее рациональным выходом из сложившейся ситуации является совершенствование удаленного формата выполнения функционала с планомерным внедрением гибридного рабочего графика.

Особенностью удаленного рабочего формата является то, что сотрудники нуждаются в большем объеме обратной связи и поддержании командного

духа. В офисе многие показатели считаются по невербальным сигналам: горящие глаза руководителя при обсуждении нового проекта, восхищение коллег, строгий взгляд и так далее. При работе удаленно нужно все это перевести в слова и предоставить большой объем регулярной обратной связи.

Рекомендациями по совершенствованию удаленного формата выполнения рабочего функционала являются:

- разработка корпоративного портала знаний для оперативного самообучения сотрудников;
- создание общедоступного электронного файла, отображающего в формате он-лайн прогресс в выполнении группового плана продаж;
- создание персонального электронного файла, отображающего в формате он-лайн прогресс в выполнении персонального плана продаж;
- внедрение типовых тематических клише при отправке сообщений по электронной почте;
- еженедельные собрания, с использованием видеосвязи;
- руководителям подразделений необходимо осознать, что их сотрудники как никогда нуждаются в поддержке, ободрении и признании;
- внедрение еженедельных тематических конкурсов или викторин с полезными подарками, например заказ в ресторане или подписка на сервис онлайн кинотеатра;

После стабилизации ситуации становится возможным переход к гибриднему рабочему графику, предусматривающему чередование смен работы из офиса – из дома.

Создание отлаженного удаленного формата выполнения рабочего функционала, открывает для компании горизонты развития, снижения затрат на обеспечение, а также выхода на абсолютно новый уровень конкурентоспособности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дикусарова М.Ю. Факторы внедрения организационных форм и организационных отношений в режиме удаленной работы в современной России / М.Ю.Дикусарова // Власть и управление на востоке России. 2013. № (65). С.3-38
2. Анализ удовлетворенности персонала «АО Группа Ренессанс страхование» - 20.12.2020. Введ. 22.12.2020. Москва, 2020. 10 с.

## К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТИЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИЕЙ

**А.А. Шашкина, И.В. Иванова**

Научный руководитель – **И.В. Иванова**, канд. техн. наук, доцент

Рыбинский государственный авиационный технический университет  
им. П.А. Соловьева

*Рассматриваются стили управления организаций, анализируются особенности каждого стиля и их влияние на эффективность функционирования, как предприятия, так и коллектива, выявляется взаимосвязь стиля управления и трудовой мотивации персонала.*

**Ключевые слова:** стиль управления, персонал, организация, авторитарный, демократический, либеральный стили управления.

## ON THE EFFECTIVENESS OF ORGANIZATIONAL MANAGEMENT STYLES

**A.A. Shashkina, I.V. Ivanova**

Scientific Supervisor - **I.V. Ivanova**, Candidate of Technical Sciences,  
Associated Professor

P.A. Solovyov Rybinsk State Aviation Technical University

*The article considers the management styles of organizations, analyzes the features of each style and their impact on the efficiency of the functioning of both the enterprise and the team, and reveals the relationship between the management style and the labor motivation of the staff.*

**Keywords:** management style, personnel, organization, authoritarian, democratic, liberal management styles.

На современном этапе развития общества успех деятельности организаций определяется различными факторами: техническим и технологическим оснащением, уровнем профессионализма сотрудников, творческой одаренностью работников, сложившимся имиджем, эффективностью, а также многими

другими факторами. Одним из определяющих факторов успешной деятельности организации является правильно организованная система управления.

Социальная организация представляет собой наиболее сложный тип организационных систем, поскольку в ее природе заложена двойственность. С одной стороны, организация создается для решения определенных задач, с другой стороны, является средой общения и предметной деятельности людей.

Социальная организация имеет свою структуру. Основным элементом социальной организации является персонал, от него во многом зависит эффективность деятельности организации. Люди в организации объединены в конкретные группы: подразделения организации. И что наиболее важно, индивид в организации выступает в трех ипостасях: работник, личность, элемент системы. Если менеджмент организации не признает, что каждый работник является личностью с интересами, потребностями, ожиданиями, то возможность достигать намеченных целей организации поставлена под угрозу. Как известно, в социальной организации существуют цели разного уровня и содержания: цели задания, цели-системы, цели-ориентации. В ряде случаев они конфликтуют между собой. Для оптимального разрешения противоречивых ситуаций, для успешного роста и процветания организации важно укрепление роли руководителя, формирование новой системы взаимоотношений между ее участниками.

Активная смена механизмов хозяйствования приводит и к изменению деятельности руководителей. Качество персонала, степень заинтересованности персонала в трудовой деятельности является одним из значимых факторов конкурентоспособности фирмы. В этой связи основной задачей грамотно организованного управления является создание благоприятного социально-психологического климата в коллективе, который будет способствовать достижению целей организации. В основе социально-психологической атмосферы находятся межличностные отношения и стили управления руководителей. В литературе встречается большое количество определений стиля управления. Одно из наиболее полных определений заключается в следующем: стиль управления – это система способов и методов, которые выбирает руководитель, в процессе подготовки и реализации управленческих решений по отношению к своим подчиненным с целью достижения требуемого результата [1]. Стиль управления может рассматриваться как важный фактор мотивации деятельности персонала.

Изучение стилей управления началось еще в первой половине XX века. В 1938 году Курт Левин предложил классификацию стилей управления, выделив авторитарный, демократический, либеральный стили.

В дальнейшем этому вопросу были посвящены работы многих ученых. Среди них, теория стилей руководства Д. Мак-Грегора (выделил две группы взглядов руководителей на подчиненных, получивших название теория X и теория Y).

Ренсис Лайкерт разработал собственную теорию стилей руководства, выделив 4 модели руководителя.

В настоящее время достаточно распространенной стала теория " путь-цель", разработанная Робертом Хаусом. Суть этой теории заключается в том, что руководитель, в первую очередь, должен поддерживать своих подчиненных в достижении их целей; руководитель должен указывать направление или помогать подчиненным для того, чтобы гарантировать соответствие их личных целей общим целям группы или организации [2,3].

Рассмотрим более подробно классификацию стилей управления, предложенную К. Левином.

Авторитарный стиль характеризуется жестким контролем, единоначалием, ориентацией на результат, четким разделением функций. Но практически игнорируются социально-психологические параметры деятельности. Этот стиль управления позволяет в короткие сроки решать сложные задачи, но не формирует эффективные стимулы к труду, вызывает неудовлетворенность работой у персонала, не предоставляет возможностей для проявления творчества.

Либеральный стиль предполагает низкую требовательность руководителя по отношению к подчиненным, слабый уровень дисциплины, пассивность руководителя. Основным преимуществом этого стиля является свобода исполнителей, возможность проявлять инициативу, ставить смелые цели и быть решительными в действиях. Однако, недостаток также связан с высокой степенью свободы в действиях у подчиненных. Очень часто это вызывает конкуренцию среди сотрудников и в итоге приводит к конфликтам внутри коллектива.

Демократический стиль опирается на доверие, информирование подчиненных, творчество, самодисциплину, сознательность, ответственность. Сотрудники в большей степени, чем при либеральном и авторитарном стиле удовлетворены условиями труда, обстановка, сложившаяся в организации при таком стиле комфортна для сотрудников. В итоге это мобилизует персонал на высокопродуктивную работу. При этом ряд исследователей отмечает, что активность и инициативность сотрудников не всегда ведет к достижению целей [4,5].

Не существует «хороших» и «плохих» стилей. Выбор стиля управления зависит от множества факторов: конкретная ситуация, в которой разворачивается деятельность, вида деятельности, личностных особенностей руководителя и персонала, а также от типа социальной культуры общества.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бураканова Г.В. Стиль руководителя и эффективность управления // Проблемы теории и практики управления. 2003. № 4. С. 112 -117.

2. *Воронцова Е.А.* Сравнительный анализ одномерных стилей руководства и оценка их эффективности / Е.А., Воронцова, А.С. Бажин // Студент. Аспирант. Исследователь. 2015. № 2(2). С. 3-11.
3. *Манушина А.Ю.* Стиль руководства и его влияние на эффективность управленческой деятельности / А.Ю. Манушина, Н.Ю. Чаусов // Гуманитарные научные исследования. 2018. № 1(77). С. 20.
4. *Дорошеева М.В.* Подбор руководителя для конкретного коллектива // Управление персоналом. 2010. № 8. С. 35-38
5. *Кузьмина О.В.* Лояльность к организации сотрудников с разным типом мотивации / О.В., Кузьмина, Е.Г. Корнильцева, Т.А. Юшкова // Наука Красноярья. Т. 6. № 3-3. 2017. С. 118-124.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ИСТОЧНИКОВ ФИНАНСИРОВАНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ С УЧЕТОМ ДОХОДНОСТИ И РИСКА**

**В.В. Шушкова**

Научный руководитель – **А.Н. Савичева**, канд. экон. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассмотрены методы источников финансирования, представлены результаты анализа по непрозрачности компаний, даны рекомендации, сформулирована обобщенная модель оптимизации структуры источников финансирования хозяйственной деятельности предприятия.*

**Ключевые слова:** источники финансирования, доходность, риск, анализ деятельности предприятия, методы источников финансирования.

## **OPTIMIZATION OF THE SOURCES OF FINANCING OF THE COMPANY'S ACTIVITIES, TAKING INTO ACCOUNT PROFITABILITY AND RISK**

**V.V. Shushkova**

Scientific Supervisor - **A.N. Savicheva**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The methods of sources of financing are considered, the results of the analysis on the opacity of companies are presented, recommendations are given, a generalized model of optimizing the structure of sources of financing of the economic activity of the enterprise is formulated.*

**Keywords:** sources of financing, profitability, risk, analysis of the company's activities, methods of sources of financing.

Актуальность данной темы обуславливает то, что нестабильность экономической системы государства и банкротство множества российских предприятий, вызывает необходимость разрабатывать новые подходы к эффективному управлению структурой пассивов субъекта хозяйствования в целях сокращения риска финансовой несостоятельности. Очевидной является потреб-

ность управлять финансами на микроэкономическом уровне, что было бы направлено на то, чтобы наращивать и эффективно использовать капитал организаций с обеспечением их финансовой устойчивости, а также допустимого уровня финансовых рисков.

По мере перехода экономики России на рыночные основы хозяйствования предприятия должны были решать проблему, связанную с финансовым обеспечением производства и его оптимизацией. Традиционно используемые методы, позволяющие оптимизировать источники финансирования [1, с.88]:

- метод, который основан на минимизации средневзвешенной стоимости капитала (WACC),
- метод, который основан на минимизации финансового риска предприятия,
- метод, который основан на прозрачности ведения бизнеса (или динамической).

В первом методе именно средневзвешенная стоимость капитала, которая описывает определенную структуру финансовых источников – это критерий, указывающий на оптимальность такой структуры для предприятия. В числе большого разнообразия формул под оптимизацию структуры и выбора определенных финансовых источников хозяйственной деятельности и предприятия лучше, как полагает автор, пользоваться таким вариантом расчета WACC:

$$WACC = \sum r_i \cdot (I-T) \cdot d_i + \sum r_j \cdot d_j, \quad (1)$$

где  $I$  — обозначает финансовые источники, выплаты по которым относят на себестоимость, а также понижают налог на прибыль, т.е. которые имеют эффект налогового щита;

$d_i$  — доля  $i$ -го источника в источниках финансирования субъекта хозяйствования;

$r_i$  — показатель цены  $i$ -го финансового источника для компании;

$j$  — это финансовые источники, выплаты по которым не относят на себестоимость и производятся из суммы чистой прибыли;

$d_j$  — показатель доли  $j$ -го источника в общих объемах источников финансирования субъекта хозяйствования;

$r_j$  — цена  $j$ -го финансового источника для предприятия;

$T$  — показатель ставки налога на прибыль субъектов хозяйствования,  $(1-T)$  — корректировка на налоговый щит.

Следующий метод, это метод на основе минимизации финансового риска предприятия. Суть процесса оптимизации заключается в том, чтобы выбрать такую структуру источников финансирования, которая бы минимизировала финансовый риск предприятия [5, с. 23]. Именно эти цели среди прочих описывают оптимизацию структуры финансовых источников хозяйственной деятельности компании по критерию минимизации финансовых рисков. Мы выбрали три параметра, которые соответствуют представленным выше целям



и являются количественной оценкой финансового риска в субъекте хозяйствования [3, с.92]:

- показатель коэффициента покрытия процентов;
- параметр  $Z$ , который определяют в модели Альтмана;
- премия за риск, которую требуют кредиторы предприятия ( $r$ ), и которая была рассчитана в модели Мертона.

Коэффициент покрытия процентов – это часто используемой в российской и иностранной практике финансовый коэффициент, который достаточно полно характеризует финансовый риск согласно размеру используемой субъектом хозяйствования долговой нагрузки. Данный коэффициент рассчитывается при помощи формулы:

$$K = (EBIT + A) / INT, \quad (2)$$

где  $K$  — показатель коэффициента покрытия процентов;

EBIT – показатель прибыли до уплаты налогов, а также процентов по заемному ресурсу;

$A$  — отчисления на амортизацию;

INT — проценты за заемные средства.

По сути, этот коэффициент описывает «запас прочности» субъекта хозяйствования [4, с.109]. Критическая величина этого показателя составляет 1. Чем более высоким является значение этого коэффициента при выбранной субъектом хозяйствования структуре финансовых источников, тем в большей мере достигается цель сбалансированности притоков и оттоков денег субъекта хозяйствования с условием оптимизации структуры финансовых источников для его хозяйственной деятельности.

Также, чтобы минимизировать риски возникновения банкротства субъекта хозяйствования, в процессе оптимизации структуры финансовых источников полезным будет рассмотрение традиционно используемых в рамках прогнозирования риска банкротств моделей, к примеру,  $Z$  — модель Альтмана. На основании показателей финансового положения и платежеспособности субъекта хозяйствования она дает возможность оценки уровня рисков банкротства.

Следует напомнить, что в данной модели производится расчет параметра  $Z$ :  $Z = 1,2 X_1 + 1,4X_2 + 3,3X_3 + 0,6X_4 + 0,999X_5$ , (3)

где  $X_1 = (\text{Собственный оборотный капитал}) / (\text{Всего активов})$ ;

$X_2 = (\text{Прибыль нераспределенная}) / (\text{Активов всего})$ ;

$X_3 = (\text{Прибыль до выплаты налогов, процентов}) / (\text{Активов всего})$ ;

$X_4 = (\text{Рыночная стоимость капитала}) / (\text{Балансовая стоимость обязательств})$ ;

$X_5 = (\text{Выручка от продаж}) / (\text{Активов всего})$ ;

Для предприятий с  $Z < 1,8$  будет высокая вероятность банкротства в течение ближайших 1–2 лет, а для компаний с  $Z > 2,99$  будет устойчивое финансовое положение. Задача, связанная с оптимизацией структуры финансовых источников хозяйственной деятельности субъекта хозяйствования, должна

быть решена так, чтобы величина  $Z$  с выбранной структурой финансовых источников была максимальной, а минимально допустимый порог этого значения составлял 1,81.

Для того, чтобы дать должную оценку степени оптимизации структуры финансовых источников хозяйственной деятельности — рост финансовой гибкости субъекта хозяйствования и возможности привлечения дополнительных финансов нужно, по нашему мнению, использовать модель Мертона. Она определяет, какой будет премия за риск и общая ставка заимствования в случае выхода предприятия при необходимости на рынок долгов.

Из этого следует, что все три вышеназванных параметра описывают финансовый риск субъекта хозяйствования. Наиболее целесообразным будет выбор такого варианта, у которого первые показатели (точнее – первые два) – максимальные, а последний – минимальный в сравнении с другими вариантами.

Далее должен быть отмечен динамический метод, основой которого являются многие теоретические модели в сфере оптимизации структуры финансовых источников деятельности субъекта хозяйствования. Он учитывает то, в те или иные моменты развития субъекта хозяйствования ему доступны разные инструменты финансирования. Один из аспектов этой ситуации состоит в том, что каждый из инструментов финансирования хозяйственной деятельности компании подразумевает собственный механизм трансферта информации от получателя финансов к собственнику данных средств [2, с. 136]. Это необходимое условие для адекватной оценки рисков, которые имеют связь с предоставлением финансового ресурса.

Из этого следует, что эффективность привлечения определенных источников с целью финансирования деятельности субъекта хозяйствования чаще всего зависит от уровня раскрытия информации данным субъектом хозяйствования. Осуществляемые исследования показывают, что в макроэкономических масштабах есть прямая зависимость между степенью прозрачности ведения предпринимательской деятельности в стране и степенью легкости получения необходимого капитала субъектами хозяйствования данного государства.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бланк И.А.* Управление финансовыми ресурсами. М.: Омега-Л, 2019. 768с.
2. *Галицких В.Н.* Формирование и использование финансовых ресурсов как фактор экономического роста предприятия // Актуальные вопросы экономических наук. 2019. № 44. С. 94-98.
3. *Куган С.Ф.* Анализ эффективности использования финансовых ресурсов как фактор повышения конкурентоспособности предприятия / С.Ф. Куган, М.Л. Шишкова // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия D «Экономические и юридические науки». 2020. № 6. С. 58-66.
4. *Пан Т.* Финансовые ресурсы предприятия // Мир современной науки. 2019. № 3 (37). С. 53-59.

5. *Семенова Н.М.* Финансовые ресурсы как ограничение устойчивого быстрого роста фирмы // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2019. № 5 (77). С. 31.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ПЛАТФОРМ ДЛЯ ФИНАНСИРОВАНИЯ СТАРТАПОВ

**А.А. Щербакова**

Научный руководитель – **С.В. Шкиотов**, канд. экон. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Существует немало инвестиционных платформ для финансирования стартапов как в России, так и зарубежом. Краудфандинг - это популярный способ для привлечения инвестиций на культурологический или коммерческий проект. Рассмотрим самые актуальные инвестиционные платформы на 2020 год как в России, так и за рубежом: Kickstarter, Indiegogo, Angellist, Planeta.ru, Boomstarter.ru, StartTrack, Альфа-поток и Kroogi.*

**Ключевые слова:** инвестирование, стартап, краудфандинг, сравнение.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE POSSIBILITIES OF INVESTMENT PLATFORMS FOR STARTUP FINANCING

**A.A. Shcherbakova**

Scientific supervisor - **S.V. Shkiotov**, Candidate of Economic Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*There are many investment platforms for financing startups both in Russia and abroad. Crowdfunding is a popular way to attract investment for a cultural or commercial project. Consider the most relevant investment platforms for 2020 both in Russia and abroad: Kickstarter, Indiegogo, Angellist, Planeta.ru, Boomstarter.ru, StartTrack, Alfa Stream and Kroogi.*

**Keywords:** investing, startup, crowdfunding, comparison.

Для начала приведем совокупные характеристики трех наиболее популярных зарубежных стартап инвестиционных платформ (см. таблицу 1).

**Таблица 1. Сравнение ведущих зарубежных инвестиционных платформ**

Критерий оценивания	Indiegogo	Kickstarter	Angellist
Язык платформы	английский	английский	английский
Используется в РФ	+	+	+
Надежность для спонсоров	-	+	+
Быстрый вывод денежных средств	+	+	+
Творческие проекты	+	+	+
Благотворительность и личные цели	+	-	-
Предпочтения отдаются сборам	Любым	Большим	Большим
Фильтрация проектов	-	+	+
Финансировать проект может любой пользователь	+	+	+
Вознаграждения для спонсора	-	+	-
Длительность проекта	60 дней	60 дней	?
Принцип платформы	Оставь себе все	Все или ничего	Все или ничего
% комиссии, если проект финансируется	5 %	5 %	5 %
% комиссии для вывода средств, если проект не достиг цели	9 %	-	-
Заключение договора с площадкой	-	+	-

Мы видим, что на 2020 год наиболее надежным и удобным является инвестиционных платформ для финансирования стартапов – Kickstarter. Большое достоинство Kickstarter – анализ и отсев проектов, предпочтение отдается именно тем, у которых большие сборы, где присутствуют видео и много другое (это внушает доверие спонсоров, а также, в случае, если данный проект не достигнет цели, которая была указана изначально, то денежные средства возвращаются спонсорам, что немало важно).

Далее рассмотрим российские инвестиционные платформы для финансирования стартапов.

К наиболее популярным российским инвестиционным платформам в 2020 году относятся: Planeta (Планета), Boomstarte, Kroogi, Альфа-Поток и StartTrack. [1]

Планета считается самой популярной краудфандинговой платформой в России на 2020 год. [2]

Достоинства платформы Planeta:

- Платформа Planeta отдает предпочтение творческим и благотворительным сборам.

- Если проект не достигнет поставленной цели, то средства в полном объёме и без каких-либо комиссий, возвращаются на счет спонсора.

- Длительность проекта 100 дней, что на 40 дней больше, чем у зарубежных платформ.

- Спонсоры могут платить с разных банков, ограничений нет.

- На платформе Planeta бессрочными могут быть только благотворительные проекты.

- На платформе Planeta существуют обязательные требования к проекту. Например, описание будущей коммерческой деятельности, четко поставленная цель, наличие юридических лиц и другое.

- Из всего вышенаписанного можно сказать, что платформа является надежной.

- Платформа Planeta имеет свой интернет-магазин с самыми разными товарами.

- Платформа открыла свой «VIP-клуб Planeta.ru». Она используется для поощрения активных спонсоров платформы Planeta.ru

Недостатки данной платформы:

- Общение только по электронной почте.

- Коммерческие предложения не приветствуются.

- Предложения политического характера не приветствуются.

- Самый главный недостаток данной платформы - проект должен быть выставлен только на одной платформе. Запрещен запуск сбора средств на этот проект на подобной платформе.

- Комиссия 5 % от собранной суммы, если спонсирование произошло на 50-99 % из цели.

Далее рассмотрим вторую по популярности российскую инвестиционную платформу - Boomstarter.

Достоинства:

- Удобный интерфейс.

- Наличие вознаграждений для спонсоров.

- Поддержка кураторов, в том числе и СМИ.

- Быстрый вывод денежных средств.

- Спонсоры могут перечислять денежные средства с любых банков.

- Платформа Boomstarter имеет обязательные требования к проекту (например, четкая цель и план).

- Платформа Boomstarter имеет принцип «все или ничего».

- Надежность.

Недостатки:

- Взимает комиссию со спонсоров при возврате денег с неуспешных проектов.

- Специфичное направление платформы. Больше всего эта платформа специализируется на разработчиков мобильных приложений и различных игр.

- Ограничения в географическом плане. Авторами могут быть только граждане РФ.

- Возраст авторов от 18 лет.
- Нужно иметь счет в банке.
- Мало статистики по Boomstarter в открытом доступе.

Далее рассмотрим самую старую из самых крупных российских площадок для краудфандинга - Kroogi.

Достоинства данной платформы:

- Принцип платформы Kroogi уникальный «Заплати, сколько сможешь».
- Простота данной платформы.
- Нет необходимости инвестировать большие суммы.
- Спонсоры могут использовать любой банк.
- Быстрый вывод средств.
- Надежность платформы Kroogi и для спонсора, и для создателя проекта.

Недостатки:

- Определенная направленность-творческая сфера.
- Большая комиссия вывода денежных средств- 15 %.
- Нет вознаграждений спонсорам за большие пожертвования.
- Мало информации о данной платформе.
- Мало статистических данных платформы Kroogi в открытом доступе.

Еще одна популярная российская инвестиционная платформа - «Альфа-поток». Она образовалась не так давно 5 лет назад, не очень примечательная, в 2020 году вошла в двадцатку популярный российских стартап платформ. Интересно, что в социальных сетях и на разных сайтах люди высказывают негативное отношение к данной платформе.

Достоинства платформы «Альфа-поток»:

- Создана «Альфа-Банком».
- Специфика работы - финансирование перспективных стартапов в сфере бизнеса, а также уже существующих компаний.
- Доходность превышает вклады в банке.
- Низкие риски.
- Спонсор сам может решить кому предоставить заём.
- Присутствует реинвестирования денежных средств.
- Средства распределяется между несколькими компаниями.

Недостатки данной платформы:

- Узкая специфическая направленность.
- Минимальный взнос, который может внести инвестор - 50 тыс. рублей.
- Не исключается такой факт, как потеря капитала.
- Все риски ваши.
- С 2018 года платформа «Альфа-Поток» комиссию стала взимать в момент выдачи займа, а не в момент возврата.
- Общение только по почте.

- Ваша доходность упадет, если заемщик выплатит долго раньше поставленного срока.

- Не исключены очереди инвесторов.

- Инвестор должны быть клиентом Альфа-банка.

В заключение, рассмотрим еще одну российскую инвестиционную платформу для финансирования стартапов - StartTrack. Платформа стала первой, которая получила свыше 90 млн рублей в качестве инвестиций при создании.

Достоинства:

- Рассматриваются проекты среднего и малого бизнеса.

- Инвестор имеет возможность приобретения доли в компании.

- В 2015 году StartTrack открыл для начинающих инвесторов вечернюю школу.

- Инвестировать могут как юридические, так и физические лица, минуя банки и инвестиционные фонды.

- Внимание СМИ.

- StartTrack провел более 10 конференций для предпринимателей и инвесторов.

- Инвестировать может любой желающий.

- Быстрый вывод средств.

- Спонсоры могут использовать любой банк.

Недостатки платформы StartTrack:

- Узкая направленность.

- Финансовый порог очень высок – от 100 тыс. руб.

- У платформы были конфликты с компанией-заёмщиком (в марте 2016 года), и предпринимателем/инвестором (летом 2014 года с Александром Дресеным), что привело к отрицательным отзывам в СМИ.

- Ненадежность данной платформы.

Проанализировав приведенные данные, можно сделать вывод о том, что в российском сегменте инвестиционных площадок для финансирования стартапов наиболее удобными и надежными являются – Planeta и Boomstarter.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Топ 20 лучших краудфандинг платформ в России и за рубежом. URL: <https://bizec.ru/top-20-luchshih-kraudfanding-platform-v-rossii-i-za-rubezhom/>

2. Planeta.ru будет самостоятельно финансировать крауд-проекты. URL: <https://philanthropy.ru/novosti-organizatsij/2020/10/26/94379/>



## **МЕТОДЫ ПРОДВИЖЕНИЯ КОМПАНИИ И БРЕНДА В ИНТЕРНЕТЕ**

**А.А. Щербакова**

Научный руководитель – **В.Д. Сухов**, канд. хим. наук, профессор

Ярославский государственный технический университет

*В данной статье рассматриваются понятия бренда и брендинга, особенности и преимущества интернет-продвижения бренда, а также методы продвижения бренда и компании в интернете.*

***Ключевые слова:** бренд, компания, методы продвижения бренда и компании в интернете.*

## **METHODS OF PROMOTING THE COMPANY AND BRAND ON THE INTERNET**

**A.A. Shcherbakova**

Scientific supervisor - **V.D. Sukhov**, Candidate of Chemical Sciences,  
Professor

Yaroslavl State Technical University

*This article discusses the concepts of brand and branding, the features and benefits of online brand promotion, as well as the methods of brand and company promotion on the Internet.*

***Keywords:** brand, company, methods of brand and company promotion on the Internet.*

В XXI веке произошел переход к информационному обществу. Интернет облегчил жизнь не только людям, как потребителям, но и компаниям в целом. Интернет позволяет компаниям использовать стандартные приемы традиционной рекламы. В сети можно строить бренды, проводить акции, осуществлять рекламную деятельность и многое другое. Интернет - новая среда, которая открывает для брендинга новые возможности. В условиях постоянно развивающегося предложения на рынке товаров и услуг, когда все больше компаний предлагают инновационную продукцию и выгодные предложения,

только создание сильного бренда сможет поднять компанию на высший уровень.

Продвижение бренда компании в сети Интернет с помощью комплексного маркетинга - оптимальный способ развития бизнеса в современном мире. Бренд позволяет оценить, потребители воспринимают данную компанию и ее продукт на рынке товаров и услуг. Именно бренд позволяет потребителю идентифицировать продукт и отличить его среди множества других товаров. В связи с этим исследование услуг продвижения бренда в интернете очень востребованы и является очень актуальным. Методы брендинга [1] могут быть простыми, такими как проработка фирменного стиля, и сложными, такими как проведение пиар-компаний в интернете. Брендинг и пиар считаются высшим пилотажем маркетинговой деятельности. Как мы знаем из курса маркетинга, от развития и правильного продвижения бренда зависит судьба всей компании, ее дальнейшие перспективы и возможности в целом.

Особенности и преимущества интернет-продвижения бренда, стратегия PR раскрутки в сети:

1. Охватывается огромная аудитория, по количеству можно сравнить с крупнейшими каналами коммуникаций.

2. Информация распространяется очень быстро (пиар интернет-магазину создать намного быстрее, чем в офлайн режиме)

3. Контроль и быстрое управление всем процессами.

4. Легкое общение с аудиторией, покупателями. Простота обратной связи.

5. Маркетинговые мероприятия в интернете имеют низкую стоимость. Затраты на PR-продвижение сайта, поисковую оптимизацию (SEO) и контекстную рекламу (PPC) вместе будут стоить меньше, чем цена ТВ-рекламы.

6. Построение прогнозов, проведение исследований, онлайн-опросов, а также взаимодействие с аудиторией - является огромным плюсом для компании.

Конечно, преимущества развития и продвижения бренда и компании в Интернете большие. Основные методы интернет-брендинга, к ним относятся: поисковая оптимизация и SEO, контекстная реклама, медийная реклама, маркетинг в социальных сетях, PR-статьи и комплексный интернет-маркетинг. Рассмотрим каждый более подробно.

Поисковая оптимизация SEO включает в себя: рост позиций при поиске, улучшение контента, внутреннюю и внешнюю оптимизацию маркетинговой среды и т.д. Она позволяет получить толчок узнаваемости, увеличить авторитетность, способствует совершению повторных покупок и формированию лояльности. Если поисковая оптимизация происходит в Яндекс, Гугл или других поисковых системах, то это дает долгосрочный положительный результат.

Контекстная реклама представляет собой один из видов раскрутки компания, позволяет демонстрировать на сайте или в поиске свои баннеры. Для этого необходим запрос потребителей. Преимущество данного инструмента -

направленность на целевую аудиторию. Основная цель - увеличение продаж, рост узнаваемости и повышение авторитетности бренда.

Медийная реклама – это реклама, которая ориентирована на зрительное восприятие потребителей, привлечение визуального внимания с помощью фото и видео. Эффективность от данной рекламы может быть достигнута при достаточно длительной ее демонстрации.

Маркетинг в социальных сетях (SMM) – эффективный сетевой маркетинг в социальные медиа. SMM – это целенаправленная работа маркетинга с социальными сетями, каналами и группами, имеющими тематический характер. Люди постоянно находятся в социальных сетях: Facebook, Twitter, Instagram, ВКонтакте и др. и в связи этим сегодня продвижение брендов в Интернете просто не имеет смысла без социальных. медиа. Часто пользователи подписываются на интересующие их торговые марки, следят на их обновления. Компаниям можно и нужно использовать SMM-инструменты для целей брендинга.

PR-статьи - рассказ в статьях на различных авторитетных сайтах о всем, что происходит с компанией, о всех значимых событиях, связи с целевыми аудиториями, которые помогают развивать популярность. Интересная статья, которая касается какой-либо компании, демонстрирует то, что бизнес прозрачен и открыт, дает огромный плюс и улучшает имидж. С помощью данных статей ненавязчиво компании располагают к себе контактную аудиторию.

Комплексный интернет- услуга, которая становится популярной в последнее время. Этот подход описывается на использование современных возможностей и маркетинговых активностей, которые позволяют развивать бизнес на просторах интернета, следуя разработанным стратегиям. Самым популярным агентством стало - Yeella. Оно специализируется на продвижении бренда в сети Интернет. Преимущества данной услуги в индивидуальном подходе к созданию стратегии компании, применению актуальных онлайн инструментов, а также ведению страниц в социальных сетях. Все это позволяет создать лояльность и репутацию, что делает компанию узнаваемой.

Популярным в наше время стала покупка рекламы у лидеров-блогеров, начиная от Ютуб и заканчивая Instagram. Данный вид рекламы используют многие популярные бренды России. Этот инструмент позволяет привлечь внимание потенциальных клиентов, которые способны решиться на покупку товаров или услуг. К преимуществам хоть и нового, но очень популярного направления, относится то, что он направлен на целевую аудиторию. Основная цель состоит в увеличении продаж, росту узнаваемости и повышению авторитета бренда.

В результате проведенного исследования можно сделать следующий вывод: интернет в XXI веке является новой средой, которая открывает новые возможности для продвижения бренда и компании;

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-breninga-i-ego-suschnost> (дата обращения: 18.03.2021).

## **КРЕДИТНАЯ ПОЛИТИКА КОММЕРЧЕСКИХ БАНКОВ В ПЕРИОД ПАНДЕМИИ**

**К.А. Шестакова, А.В. Кольцова**

Научный руководитель – **А.В. Кольцова**, канд. экон. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается кредитная политика в период пандемии и меры поддержки со стороны государства.*

**Ключевые слова:** кредитная политика, банк, кризис.

## **CREDIT POLICY OF COMMERCIAL BANKS DURING THE PANDEMIC**

**K.A. Shestakova, A.V. Koltsova**

Scientific Supervisor – **A.V. Koltsova**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The article examines the credit policy during the pandemic and measures of support from the state.*

**Keywords:** credit policy, bank, crisis.

Коммерческие банки в 2020 году испытывали значительные изменения в структуре кредитной политики, это связано с пандемией COVID-19. Тема кредитования очень актуальна на данный момент, так как ситуация, связанная с коронавирусом, остается напряженной и по сей день.

Целью исследования является рассмотрение кредитной политики, как способа повышения эффективности кредитной деятельности коммерческих банков и мер поддержки со стороны Правительства.

В своей кредитной деятельности коммерческие банки все активнее взаимодействуют со средой непосредственного окружения – расширяющимся и качественно изменяющимся кругом клиентов и партнеров. В связи с чем расширяется банковское кредитование, внедряются новые виды кредитных продуктов, форм и методов кредитования. Наряду с этим обостряется конкуренция на рынке кредитных продуктов и услуг. Вследствие чего у банков возник

кает необходимость качественного совершенствования кредитной политики.

Кредитная политика – это лишь одна грань широкого спектра политики, проводимой банком в его деятельности.

Кредитная политика выступает как неотъемлемый элемент управления деятельностью коммерческого банка. Прежде всего, она необходима кредитным организациям для того, чтобы правильно выстроить и регулировать взаимоотношения между банком и его клиентами по поводу предоставления заемных средств с последующим возвратом как основного долга по кредиту, так и причитающихся процентов [1]. Важно также отметить, что кредитная политика является основой риск-менеджмента в деятельности коммерческого банка.

Главной целью кредитной политики любого банковского учреждения справедливо считается максимизация прибыли на фоне минимизации потенциальных рисков. Опираясь на возможные варианты соотношения названных составляющих и ресурсов, которые есть в наличии в данный момент, определяются текущие задачи кредитной организации, среди которых контроль над процессом кредитования, технологические особенности проведения операций, а также выбор одного или нескольких направлений кредитования.

Коммерческие банки осуществляют кредитные операции в соответствии с принятой кредитной политикой, под которой понимается деятельность банка как кредитора, осуществляющего размещение ссудного капитала в соответствии с собственными и общественными интересами.

Кредитная политика регламентирует функционирование системы выдачи займов, помогает быстрее и профессиональнее справиться с вопросами оформления и движения документов, способствует соотношению кредитной деятельности учреждения с общей стратегией профессиональной деятельности [2].

С помощью кредитной политики удастся четче организовать процесс выдачи займов, определить его основные принципы, взять на вооружение максимально эффективные методы и средства реализации, обозначить ключевые приоритеты и стратегические задачи.

Сущность кредитной политики банка заключается в совокупности мероприятий, нацеленных на создание таких кредитно-инвестиционных предложений и продуктов, которые позволят минимизировать рискованность операций и получить высокую долю доходности. Каждое направление процесса формирования кредитной политики тесно связано с остальными и является обязательным для формирования кредитной политики и организации кредитного процесса, необходимо для раскрытия сути оптимальной кредитной политики.

Пандемия 2020 года значительно повлияла на экономику страны. Коронавирус также внёс коррективы и в отношения банков и их должников. Сокращение экономической активности привело к существенному падению выручки при повышении спроса на кредитные средства для поддержания операционной деятельности практически во всех отраслях.

Статистика кредитного регистра указывает, что в январе-августе 2020 г. было выдано больше кредитов, чем годом ранее. Общий объем выданных новых кредитов в январе-августе 2020 г. вырос на 22,7 % и составил 36 774 млрд. руб. При этом в 2020 г. наблюдался опережающий рост количества выданных кредитов: за январь-август 2020 г. было выдано 339 тыс. кредитов, что на 64,6 % больше, чем за тот же период 2019 года. Однако величина среднего кредита в 2020 г. снизилась на 25 % по сравнению с тем же периодом 2019 года. Рост числа кредитов, а также снижение размера выдаваемых кредитов – это косвенное отражение изменений потребности компаний заемщиков в пользу краткосрочных кредитов для пополнения ликвидности и последствий реализации государственных программ льготного кредитования, направленных на поддержку предприятий в условиях кризиса 2020 г. [3].

Для предотвращения серьезных последствий пандемии Правительство приняло особые меры, связанные с облегчением ситуации для заемщиков: физических и юридических лиц.

Большая часть мер Банка России в связи с пандемией принималась в период с 1 марта до 30 сентября 2020 года. Банк России принял решения о продлении части послаблений, реализации новых мер для поддержки экономики и о прекращении действия ряда временных мер, введенных в связи с распространением коронавирусной инфекции. К ним следует отнести:

– Закон о предоставлении льготного периода заемщикам в связи с распространением коронавирусной инфекции (вступил в силу 3 апреля 2020 года), гарантирующий отсрочку платежей по кредитам и займам на срок до полугода в том случае, если заемщик оказался в трудной жизненной ситуации и столкнулся со снижением дохода на 30 % и более. Право на льготный период имеют граждане, индивидуальные предприниматели, малый и средний бизнес;

– возможность получить кредиты по ставке 8,5 % годовых на срок до 3 лет на любые цели по программе Банка России по стимулированию кредитования малого и среднего бизнеса для предпринимателей из любой отрасли;

– правительственная программа, направленная на сохранение занятости в пострадавших отраслях. По данной программе банки выдают предпринимателям кредиты по ставке 0 % годовых на срок до 6 месяцев для выплаты заработной платы сотрудникам [4].

Сферы экономики постепенно начинают восстанавливаться. В том числе банковский сектор и отдельно кредитование, как физических лиц, так и юридических. Можно отметить два фактора влияющих на данное восстановление: во-первых, у потенциальных заемщиков вновь стабилизируется поступление денежных средств. То есть восстанавливается достаточный уровень платежеспособности. Во-вторых, кредиторы смягчают требования.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Долгова С.А. Роль кредитной политики в определении приоритетных направлений развития банковской деятельности. URL://[https://cyberleninka.ru /article/n/rol-kreditnoy-politiki-v-opredelenii-priori-tetnyh-napravleniy-razvitiya-bankovskoy-deyatelnosti](https://cyberleninka.ru/article/n/rol-kreditnoy-politiki-v-opredelenii-priori-tetnyh-napravleniy-razvitiya-bankovskoy-deyatelnosti)
2. Лаврушин О.И. Банк и банковские операции: Учебник. М.: Юнити, 2015. 672 с.
3. URL: //<https://pravo.studio/delo-bankovskoe /bankovskoe-delo-uchebnik-izd-pererab-dop-pod.html>
4. Производительность и кредитование в период пандемии. URL: //[https://cbr.ru/StaticHtml/File/116475/analytic\\_note\\_20201221dip.pdf](https://cbr.ru/StaticHtml/File/116475/analytic_note_20201221dip.pdf)
5. Коронавирус: меры поддержки граждан и бизнеса Банк России. URL://<https://cbr.ru/covid/>].



## СОСТОЯНИЕ И МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИТНЕС-КЛУБОВ В УСЛОВИЯХ ПАНДЕМИИ КОРОНАВИРУСА

**В.Н. Муратова, А.В. Кольцова**

Научный руководитель – **А.В. Кольцова**, канд. экон. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматриваются проблемы и показатели оценки эффективности фитнес-центров в условиях пандемии covid-19.*

***Ключевые слова:** проблемы эффективности, показатели, фитнес-клубы, кризис.*

## ASSESSMENT OF THE FINANCIAL PERFORMANCE OF FITNESS CLUBS IN THE CONTEXT OF THE CORONAVIRUS PANDEMIC

**V.N. Muratova, A.V. Koltsova**

Scientific Supervisor – **A.V. Koltsova**, Candidate of Economic  
Sciences, Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The theoretical and methodological foundations of the analysis, assessment and improvement of the financial results of fitness centers are considered.*

***Keywords:** finance, fitness club, crisis.*

Ограничительные меры в связи с пандемией COVID-19 привели к изменениям в привычной жизнедеятельности, включая спорт и физическую активность. Массовый спорт оказался наиболее подверженным влиянию COVID-19.

Пандемия затронула также профессиональный спорт и заинтересованных стейкхолдеров, в особенности микро- и малый бизнес (фитнес-клубы, тренажерные залы, розничные торговцы, организаторы мероприятий, маркетинговые агентства, производители спортивной продукции). Спортивная индустрия по результатам локдауна в этом году потеряла большое количество персонала. Фитнес-клубы были закрыты на карантин, но «заморозили» карты своих клиентов до момента, когда ограничения будут сняты. С середины янва-

ря 2021 в России пандемия коронавируса по официальным данным пошла на спад. Но, ситуация с коронавирусом и по сей день остается напряженной этим и объясняется актуальность темы работы.

Фитнес-индустрия в России является быстро развивающейся отраслью, удовлетворяющей основные потребности людей в здоровом образе жизни, в развитии спортивной формы, эмоциональной и психологической разрядке, что особенно актуально в условиях динамичной жизни мегаполисов, сложной экологической ситуации и стремительного роста урбанизации.

Основная проблема фитнес-индустрии связана с постоянно возрастающей активностью конкурентов, их количественным и качественным ростом в сложных условиях маркетинговой среды, характеризующихся сокращением доходов населения, падением спроса на платные дополнительные услуги, предоставляемые фитнес-организациями, нестабильной посещаемостью и потреблением данных услуг, их дальнейшей дифференциацией, проникновением прорывных информационных технологий и т.д. Эта проблема заставляет искать все более эффективные методы маркетингового воздействия на потребителей, которые, с одной стороны, основывались бы на гибком и адаптивном приспособлении к специфическим особенностям потребительского поведения и предпочтений в этой сфере, и, с другой стороны, учитывали бы тенденции развития отрасли и выявленные конкурентные возможности.

Сегодня клубы вынуждены соблюдать требования Роспотребнадзора по объему уборки, качества воздуха, термометрии и прочее. Это изменило расходную часть и восприятие уровня чистоты клиентами. Так чисто должно быть всегда.

Единиц измерения глобальных потерь от неполноценных тренировок просто не существует. Финансовый ущерб оценивается суммой свыше 50 миллиардов рублей. 30 процентов залов больше не откроются. Появились новые расходы — 200–300 тыс. руб. в месяц на один клуб для выполнения санитарно-эпидемиологических мероприятий [1].

Таким образом, состояние фитнес-индустрии попало в прямую зависимость от продолжительности режима самоизоляции для граждан. Для поддержки спортивной индустрии правительство приняло ряд мер: отрасль отнесена к числу наиболее пострадавших от эпидемии, и компании получили отсрочку по арендным платежам, реструктуризацию займов и беспроцентные кредиты на выплату зарплат, а также кредитные и налоговые каникулы; одобрена возможность получения налогового вычета за физкультурно-оздоровительные услуги. Это должно сократить расходы и привлечь тех, кто хочет тренироваться, к тем, кто тренирует.

Перечисленные меры, не снимают ответственности за результаты деятельности фитнес-клубов с их руководителей, которые должны использовать современные показатели оценки деятельности и на основе их анализа более эффективно управлять бизнесом в условиях кризиса. Для оценки эффективности в фитнес-индустрии используются ключевые показатели эффективности

(KPI), представляющие собой финансовые инструменты, которые применимы почти к любой сфере ведения бизнеса, но ряд из них имеют стратегическое значение именно для фитнес-сектора.

Согласно отчету «Operations & Financial Benchmarking Research Report» [2], подготовленному Ассоциацией фитнес-студий (AFS), чаще всего фитнес-клубы отслеживают 6 наиболее важных показателей:

- Доход с клиента / члена (RPC) отслеживают примерно 39 % фитнес-клубов. Результат дает определенную ясность относительно положения дел в клубе. Однако, RPC не дает представления о том, как именно и когда клиенты тратят деньги в клубе. Нужны дополнительные показатели для того, чтобы определить, какие услуги являются более и менее эффективными в клубе.

- Средняя посещаемость занятий (ACA), показатель используют 36% предпринимателей. ACA позволяет определять безубыточность и прибыльность каждого класса, поскольку многие фитнес-клубы заточены именно на проведение групповых занятий. ACA позволяет соответствующим образом реагировать: например, перенести занятие на другое время для того, чтобы повысить посещаемость. Недостаток ACA состоит в том, что с его помощью нельзя измерить доходность. В случаях, если клуб, например, предоставляет услугу онлайн фитнес-классов или подключен к системе Class Pass, или внедряет дисконтную программу, то показатель посещаемости будет расти. При этом рентабельность бизнеса вполне может снижаться.

- Коэффициент удержания клиентов (CRR) имеет решающее значение для долгосрочной доходности. Позволяет выяснить соответствует ли ценообразование в клубе предложению? Получают ли клиенты именно тот опыт, на который рассчитывают? Придерживается ли клуб ценностей корпоративного бренда? Показывает, что единственный способ нивелировать убытки вследствие ухода клиента — это привести нового. Если показатель оттока клиентов высок, стоит задуматься о действенности используемых маркетинговых стратегий и тактик.

- Величина прибыли (PM) бизнеса. Для любого предприятия крайне важно отслеживать общую рентабельность. В то же время необходимо понимать, насколько выгодно функционирует каждый элемент фитнес-бизнеса. Есть ли области деятельности, которые можно было бы модернизировать и усовершенствовать?

- EBITDA показывает уровень текущей операционной рентабельности фитнес-клуба: т.е. сколько прибыли удастся сформировать на основании настоящих активов и предоставления услуг.

- Доход на квадратный метр (RPSF) позволяет измерить, сколько денег клуб генерирует с того пространства, которое он занимает. Это очень полезный индикатор, который, тем не менее, редко попадает в поле внимания фитнес-предпринимателей. RPSF показывает, какие локации клуба являются наиболее прибыльными и какие наименее, побуждает рассматривать фитнес-клуб с точки зрения эффективного использования пространства.

Мониторинг вышеназванных показателей позволяет более продуктивно управлять бизнесом и оптимизировать использование материальных и человеческих ресурсов, что особенно важно в условиях кризиса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Как индустрии выживают в период пандемии: фитнес. URL: <https://style.rbc.ru/health/5e956f659a794716a78b4f1c>
2. The Global Alternative Finance Market Benchmarking Report. URL: <https://www.researchgate.net/publication/340698550>  
[\\_The\\_Global\\_Alternative\\_Finance\\_Market\\_Benchmarking\\_Report](#)
3. Методы анализа финансовых результатов. Счет: Учет. URL: <https://schetuchet.ru/metody-analiza-finansovykh-rezultatov/#i-6>
4. *Простокова Ю.А.* Финансовый аспект создания фитнес-центра // Вестник РЭА им. Г.В. Плеханова. 2013. №2 (56). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/finansovyy-aspekt-sozdaniya-fitness-tsentra>
5. Методические рекомендации МР 3.1/2.1.0183-20 «Рекомендации по профилактике новой коронавирусной инфекции (COVID-19) в учреждениях физической культуры и спорта (открытых и закрытых спортивных сооружениях, физкультурно-оздоровительных комплексах, плавательных бассейнах и фитнес-клубах)» (утв. Федеральной службой по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека 22 мая 2020 г.).

## ОСОБЕННОСТИ СТИЛЕЙ РУКОВОДСТВА В ОРГАНИЗАЦИИ

**П.С. Новиков, М.А. Ковальчук**

Научный руководитель – **М.А. Ковальчук**, д-р пед. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается оценка уровня влияния стилей на разные этапы в процессе восприятия и переработки информации.*

***Ключевые слова:** Когнитивный стиль, оценка уровня влияния стилей.*

## FEATURES OF LEADERSHIP STYLES IN THE ORGANIZATION

**P.S. Novikov, M.A. Kovalchuk**

Scientific supervisor - **M.A. Kovalchuk**, Doctor of Pedagogical  
Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The assessment of the level of influence of styles on different stages in the process of perception and processing of information is considered.*

***Keywords:** Cognitive style, assessment of the level of influence of styles.*

Рассмотрение термина «стиль руководства» начнем с пояснения, какую сущность с точки зрения психологии вкладывают в само понятие стиля.

Термин «стиль» в психологии употребляют очень часто и в различных контекстах. В числе сложившихся, имеющих устоявшиеся традиции, направлений исследования стилевых феноменов, выделяют три основополагающих: когнитивный стиль, стиль руководства и лидерства, индивидуальный стиль деятельности.

В качестве предпосылок для исследования когнитивных стилей выступили научные работы таких авторов, как А. Адлер, Г. Оллпорт, Р. Стагнер, посвященные исследованию операциональной природы стилевых

психологических образований. Эти ученые впервые в 30-х годах XX века применили в психологии понятие стиля.

А. Адлер использовал термин «стиль», чтобы объяснить индивидуальное своеобразие жизненного пути личности. В самом раннем детстве люди вырабатывают свою особенную индивидуальную стратегию и тактику поведения, за счет которой они защищаются от осознания собственной неполноценности и стремятся к достижению доминирования. Эта общая стратегия и является основной характеристикой индивидуального стиля жизни. Резюмируя вышеизложенное, чтобы объяснить жизненный путь личности А. Адлер ввел понятие стиля в качестве характеристики перечня целей, которые поставил перед собой человек для защиты социальной полноценности. Свой стиль жизни люди не осознают, но он складывается под воздействием свойств организма и социальных условий.

В научных исследованиях Г. Оллпорта под стилем понимаются черты личности «инструментального порядка» и отождествляются с «диспозициями вооруженности» по определению другого автора. В. Штерна. Стилиевые черты, по мнению Оллпорта, это совокупность способов и средств, посредством которых личность реализует поставленные перед собой цели и мотивы, то есть это определенные операции.

Согласно определению Р. Стагнера, стиль - это личностно обусловленные обобщающие схемы перцептивных актов и форм реагирования. Таким образом, стиль представляет собой совокупность инструментальных индивидуальных свойств, характеризующих операции, совершаемые личностью с целью удовлетворить свои мотивы.

У автора Х. Уиткина понятие когнитивного стиля используется в процессе решения сразу двух проблем – необходимость развития личности и личностно обусловленные индивидуальные различия в процессе познавательной деятельности. Когнитивный стиль - это определение целостного симптомокомплекса различных взаимосвязанных качеств.

Когнитивный стиль, по мнению Х. Уиткина, так же как, и с точки зрения авторов Г. Оллпорта и Р. Стагнера - это операциональная характеристика. В основе стиля лежат индивидуальные различия в процессах запоминания, образования понятий, межличностных отношений и др.

Основная цель изучения когнитивных стилей – оценка уровня влияния стилей на разные этапы в процессе восприятия и переработки информации. Когнитивный стиль - это преимущественное использование человеком способов восприятия, мышления, действия, которое обуславливают личностные характеристики и уровень онтогенетического развития. Когнитивный стиль типологизируют с точки зрения четырех параметров. Он зависит от дифференцированности поля (полезависимый - полenezависимый), типа реагирования (импульсивный - рефлексивный), широты категорий (глобальная - специфичная), уровня концептуализации (конкретный - абстрактный) [12].

Отечественная психология понятие стиля использует, в основном, чтобы понять взаимоотношения объективных требований деятельности и отдельных свойств личности. В настоящее время выделяю два самостоятельных подхода к использованию стилевых образований личности:

Стиль в качестве индивидуальной характеристики деятельности человека, вырабатываемой под воздействием его устойчивых личностных свойств. Эту концепцию разрабатывали такие отечественные авторы, как В.С. Мерлин и Е.А. Климов. Ее назвали индивидуальным стилем деятельности (ИСД). Е.А. Климов под ИСД понимал «индивидуально-своеобразную систему психических средств, к которым сознательно либо стихийно прибегает человек с целью наилучшим образом уравновесить свою (типологически обусловленную) индивидуальность с окружающими предметами, внешними условиями деятельности». ИСД - «комплекс приемов и способов осуществить деятельность, которую субъекты постепенно вырабатывают под воздействием своих устойчивых личностных качеств: он в максимальной степени использует свои устойчивые особенности, содействующие успеху при достижении целей деятельности и, наоборот, преодолевает и компенсирует те свойства, которые отсутствуют либо противодействуют успеху». Способ деятельности произвольно провоцируется в определенных ситуациях на основании типологических характеристик нервной системы. Основная задача этого подхода - повысить продуктивность деятельности путем адаптации к ней индивидуальных характеристик ее субъекта.

Стиль в качестве типа, средства, техники осуществления деятельности. Разработкой этого направления занимались такие отечественные психологи, как Е.П. Ильин, В.А. Толочек и А.Г. Асмолов. Ими была рассмотрена деятельность как репертуар «стилей - средств», которые каждая личность как субъект деятельности имеет в своем психологическом репертуаре. «Чем более произвольна вариация средств, тем устойчивее индивидуальность в нестабильных и изменяющихся жизненных ситуациях».

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шекина С.В.* Управление персоналом современной организации: Учебно-практическое пособие. М.: ЗАО «Бизнес школа», 2014. 23 с.
2. *Хьелл Л.* Теории личности / Л. Хьелл, Д. Зиглер. СПб.: Питер, 2012. 350с.
3. *Чернышов В.Н. А.П.* Человек и персонал в управлении / В.Н. Чернышов, А.П. Двинин. СПб.: Энергоатомиздат, 2013. 414 с.
4. *Шепель В.М.* Управленческая психология. М., 2012. 78с.
5. *Щербак В.Е.* Конфликтные ситуации на предприятии // ЭКО. 2014. № 11. С. 2– 3.

## **ВЛИЯНИЕ КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОРГАНИЗАЦИИ**

**Ю.М. Иванова, А.И. Сазонов**

Научный руководитель – **А.И. Сазонов**, канд. ист. наук, доцент

Ярославский государственный технический университет

*Рассматривается влияние корпоративной культуры на эффективность деятельности организации.*

***Ключевые слова:** корпоративная культура, компоненты корпоративной культуры, эффективность деятельности.*

## **THE INFLUENCE OF CORPORATE CULTURE ON THE PERFORMANCE OF THE ORGANIZATION**

**J.M. Ivanova, A.I. Sazonov**

Scientific Supervisor – **A.I. Sazonov**, Candidate of Historical Sciences,  
Associate Professor

Yaroslavl State Technical University

*The influence of corporate culture on the efficiency of the organization is considered.*

***Keywords:** corporate culture, components of corporate culture, performance efficiency.*

В современном мире конкурентоспособность какой-либо компании зависит от человеческого фактора и эффективной работы сотрудников. В условиях экономического и демографического кризиса организации сталкиваются с проблемами, такими как: поиск подготовленного персонала и риск утраты таких сотрудников. Отсюда следует, что к корпоративной культуре организации предъявляют большие требования, эффективности работы сотрудников и их управлением. Обуславливается это тем, что корпоративная культура – это мотивация от управленцев организации, которая помогает привлекать и обучать персонал, понижается увольнение высококвалифицированных сотрудников, уменьшает издержки на сотрудников и повышает работоспособность организации, из чего следует повышение прибыли организации [1].



Условия управления рынком на современном этапе, включают в себя новые формы управленческого влияния, которые обеспечивают достижение желаемых итогов деятельности предприятия. Этот факт предполагает создание такой системы управления, где наемному работнику не будет выгодно пассивное трудовое участие в организации. Корпоративная культура по своей сути охватывает большую часть явлений не только материальной, но и духовной жизни коллектива. Она включает материальные нормы и ценности, и, конечно же, принятый кодекс поведения в организации.

В России проблема корпоративной культуры стала наиболее актуальной вследствие вступления страны в стадию рыночной экономики и выхода на конкурентные рынки. Исследования в этой области проводились такими учеными как Н. Ландина, А. Кузьмин, А. Гришнова. Однако до сих пор нет единого мнения о сущности корпоративной культуры, а также ее влияния на развитие и потенциал организации. Таким образом, можно сказать, что вопросы корпоративной культуры на отечественных предприятиях требуют дальнейшего изучения.

Влияние корпоративной культуры на эффективность деятельности организации можно рассматривать в единстве трех направлений [2]:

1. Влияние корпоративной культуры на процессы роста в организации (производственные и трудовые процессы; коммуникационные процессы)

2. Влияние корпоративной культуры на конкурентно - способность предприятия

3. Влияние корпоративной культуры на организационное поведение (мотивация, в том числе поощрения, вознаграждения; климат в организации; психологические условия работы, символы и значимость статуса; поведение в группе, т.е. отношение к руководству).

Основной целью корпоративной культуры можно считать предоставление людям помощи в целях более продуктивного исполнения ими своих обязанностей, что приводит к улучшению показателей экономической эффективности деятельности организации в целом. Это связано с тем, что сотрудники могут выполнять работу на новейшем оборудовании, используя прогрессивные методы, генерируя при этом новые идеи и творческие подходы. Всё это и приведет организацию к эффективным результатам. Лояльность и мотивация сотрудников, текучесть кадров, а также отношение к работе также очень зависят от того, в какой коллектив они попадают.

Исходя из анализа работы по определению эффективности деятельности организации, можно сделать вывод, что её следует определять комплексно, а именно по двум блокам показателей [3]. Первый блок – объективные показатели, они же экономические. Это результативность, производительность, прибыльность, рентабельность, энергоёмкость и экологичность. Второй блок – субъективные показатели, они же психологические и физиологические показатели. Сюда входит трудовая активность работника, возраст сотрудников, сработанность коллектива и относительная стабильность организации.

Проанализируем влияние корпоративной культуры на эффективность деятельности организации на примере Ярославского филиала ПАО «Сбербанк России».

Культура ПАО «Сбербанк России» – это особая среда, которая помогает сотрудникам стать лучшей версией самих себя, чтобы делать жизнь клиентов и общества лучше. А развитие корпоративной культуры считается одним из ключевых направлений стратегии банка. Это предполагает формирование принципов и норм поведения, которые отвечают миссии и ценностям Сбербанка, а также способствуют достижению бизнес - целей.

Корпоративная культура в ПАО «Сбербанк России» включает Корпоративный кодекс банка. Этот документ регламентирует отношения между сотрудниками внутри организации, а также между клиентами. В данном документе указаны добровольные обязанности перед клиентами и сотрудниками, а также обязательства персонала по отношению к банку и лицам, которые используют услуги банка. Целью кодекса можно считать закрепление корпоративных ценностей банка, этических норм и правил поведения сотрудников, а также обеспечение осознания сотрудником своей роли в миссии банка.

Среди положительных черт корпоративной культуры Ярославского филиала ПАО «Сбербанк России» можно выделить:

1. Празднование Дня основания банка;
2. Рациональная система обучения новых сотрудников, включающая два этапа;
3. Массовая символика предприятия (ручки, папки, значки и т.д.);
4. Наличие фирменной униформы;
5. Проведение мероприятий по совместному отдыху (выезды за город, корпоративные мероприятия, спортивные мероприятия и т.д.);
6. Комплексы обрядов (например, вручение сертификатов после обучения).

В 2020 году банком была принята новая стратегия развития. Исходя из нее приоритетами компании в работе с сотрудниками является: наращивание базы ключевых сотрудников; укрепление чувства гордости за компанию. ПАО «Сбербанк России» стремится стать лучшим работодателем на рынке, и эта позиция включает в себя комплекс действия. А именно, создание мотивирующей корпоративной культуры.

Если рассматривать корпоративную культуру ПАО «Сбербанк России» в соответствии с моделью Клукона-Стродбека, то ее можно оценить по шести критериям.

Большое значение для ПАО «Сбербанк России» имеет достижение поставленных результатов, в связи с этим корпоративная культура ориентирована на побуждение сотрудников к действию и инициативности.

Критерий «Направленности ответственности» влияет на проектирование работ, образцы коммуникаций, систему вознаграждений.

Таким образом, с позиций модели Клукона-Стродберга ПАО «Сбербанк России» можно охарактеризовать как компанию с активной позицией, открытой к взаимодействию с внешним окружением, для которой главную роль играет активная предпринимательская позиция. Цели банка достигаются объединением усилий всех сотрудников, созданием прекрасной атмосферы, а также своевременным реагированием на изменения рынка. И, конечно же, очень важным показателем эффективности деятельности и корпоративной культуры является репутация и надежность ПАО «Сбербанк России». Это именно та компания, где ценят и уважают своих сотрудников, которые успешно справляются со своими обязанностями, ценят в работниках лучшие качества и черты.

И, в завершении, следует отметить, что в компании присутствуют все составляющие корпоративной культуры. На основе этого можно говорить, что ее влияние имеет исключительно положительное воздействие на эффективность деятельности.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сазонов А.И.* Влияние корпоративной культуры на эффективность деятельности организации / А.И. Сазонов, А.С. Дудин // Семьдесят вторая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 24 апреля 2019 г., Ярославль: сб. материалов конф. В. 3 ч. Ч. 3 [Электронный ресурс]. Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2019. С. 297-300.
2. *Иванова Т.Б.* Корпоративная культура и эффективность предприятия. Монография. М.: РУДН, 2013. 152 с.
3. *Камерон К.* Диагностика и изменение организационной культуры / К. Камерон, Р. Куинн. СПб.: Питер, 2016. С. 58.
4. Официальный сайт компании ПАО «Сбербанк России». URL: [www.sberbank.ru](http://www.sberbank.ru) (Дата обращения 29.01.2021).

## ЦЕННОСТИ НОВЫХ СОТРУДНИКОВ В СООТВЕТСТВИИ С МОДЕЛЬЮ СПИРАЛЬНОЙ ДИНАМИКИ В КОРПОРАТИВНОЙ КУЛЬТУРЕ

**И.И. Сенникова<sup>1</sup>, А. И. Сазонов<sup>2</sup>**

Научный руководитель – **А.И. Сазонов** канд. ист. наук, доцент

<sup>1</sup>Ярославский государственный технический университет

<sup>2</sup>Ярославское высшее военное училище ПВО

*В статье рассматривается ценность новых сотрудников с позиции модели спиральной динамики применительно к корпоративной культуре.*

***Ключевые слова:** модель спиральной динамики, ценность сотрудников, корпоративная культура.*

## VALUES OF NEW EMPLOYEES IN ACCORDANCE WITH THE MODEL OF SPIRAL DYNAMICS IN THE CORPORATE CULTURE

**I.I. Sennikova<sup>1</sup>, A.I. Sazonov<sup>2</sup>**

Scientific Supervisor – **A.I. Sazonov**, Candidate of Historical Sciences,  
Associate Professor

<sup>1</sup>Yaroslavl State Technical University

<sup>2</sup>Yaroslavl Higher Military School of Air Defense

*The article examines the value of new employees from the perspective of the spiral dynamics model in relation to corporate culture.*

***Keywords:** spiral dynamics model, employee value, corporate culture.*

Для того чтобы проанализировать корпоративную культуру необходимо ознакомиться с данным термином. Под корпоративной культурой понимается система моделей деятельности, приобретенных в ходе адаптации к изменяющейся внутренней и внешней среде организации [1].

В 90-х годах американские бизнес-консультанты Дон Бэк и Крис Кован сформулировали основные направления спиральной динамики, которые утверждают, что люди, коллективы людей, общественные институты, предприятия проходят определенные стадии в своем развитии. И, так как, более

высокие стадии, с эволюционной точки зрения, по ряду признаков напоминают нижние, можно говорить о том, что данная концепция описывает спиральное движение. Как известно, изменения корпоративной культуры являются основой развития компании. Набор ценностей, приоритетов, которые разделяют большинство сотрудников, определяют то, как они мыслят, что определяет их выбор в той или иной ситуации, какой именно решение принимают и чем объясняют это решение.

В спиральной динамике выделяется восемь уровней, каждый из которых имеет свой цветовой код. Каждый уровень описывает способ организации в соответствии с жизненным опытом или, если проще, способ существования, будь то предприятие, сотрудник предприятия, коллектив сотрудников. Важным будем считать то, что применительно к конкретному объекту данной модели мы не можем отнести только к одному уровню, так как конкретный этап развития не отражает всю сложность объекта. Точка баланса может меняться в зависимости от внешних или внутренних условий, которые диктуют изменение тех или иных ценностей.

Модель спиральной динамики имеет два яруса. Первый ярус содержит первые шесть уровней, от бежевого до зеленого. Второй уровень определяют желтый и бирюзовый уровни, которые можно увидеть на рисунке 1. Если точка баланса сотрудника находится на первом ярусе, то он обычно определяет себя в структуре данных ценностей и имеет мировоззрение, определяющее данный уровень.



**Рис. 1. Уровни модели спиральной динамики**

В таблице 1 дано краткое описание характеристик, мотивационных точек, структуры, ключей уровней спиральной динамики [1].

**Таблица 1. Краткое описание уровней спиральной динамики**

Ярус	№	Уровень	Ключ	Структуры	Мотивация	Характеристики
№2 бытие	1	Бирюзовый	Глобальность	Глобальные цели	Сострадание, равновесие	Холистический, глобалистский
	2	Желтый	Целостность	Интерактивные	Практичность, интеграция	Системный, когнитивный, гностический, гибкий, концептуальный
№1 потребности	3	Зеленый	Связь людей	Эгалитарные	Принятие, равенство	Соотносительный, личностный, восприимчивый, плюральный
	4	Оранжевый	Конкуренция	Делегирующие	Автономия, достижение	Материалист, стратег, амбициозный, индивидуалист
	5	Синий	Сила истины	Пирамидальные	Порядок, прав/неправ	Абсолютист, покорный, предопределенный, авторитарный
	6	Красный	Власть желаний	Имперские	Сила, доминирование	Эгоцентричный, эксплуататор, импульсивный, бунтарский
	7	Пурпурный	Духи предков	Родовые	Магичность, безопасность	Анимистичный, мистический, магический, племенной
	8	Бежевый	Выживание	Отдельные стаи	Выживание	Архаичный, инстинктивный, базовый, автоматический

Бежевый уровень определяется принципами выживания. Модель поведения такого сотрудника нацелена на поиск безопасности и ограждения себя от лишений, то есть он будет делать все для того, чтобы удовлетворить свои физиологические потребности. О лидерских качествах говорить пока рано, так как внимание сотрудника сосредоточено на своих инстинктах.

Пурпурный или фиолетовый уровень определяет себя как культуру принадлежности, традиций. Сотрудник стремится к безопасности и защите, обретению связи с людьми и миром. Для обретения безопасности готов отказаться от своих желаний и целей.

Новый сотрудник, к которому применим красный уровень, будет стремиться к власти, самостоятельности. Такой человек принимает волевые решения в разрешении рабочих вопросов, хорошо справляется с функцией контроллинга, не избегает принятия собственных решений.

Синий уровень можно определить как абсолютный порядок и определенность. Такой сотрудник следует предписанному порядку, четко осознает свою роль в работе предприятия и роли других сотрудников. Уровень пред-

определяет порядок, стандарты и расписание, внесение смысла в выполняемую работу, ответственность и исполнительность сотрудника.

Сотрудник, который находится на оранжевом уровне, действует в своих интересах ради высокого качества жизни. Материальный успех, амбициозность, построение стратегии действий являются сутью такого человека. Автономия и достижение целей являются мотивационным фактором.

Модель поведения зеленого уровня определяется поиском лучшего решения. Такие сотрудники стремятся к гармонии с людьми, целями предприятия, миром. Они готовы жертвовать собственными интересами ради общего блага.

Желтый уровень находится во втором ярусе модели спиральной динамики. Сотрудники не ограничиваются достижениями и удовлетворением собственных потребностей, им важна также творческая реализация, осознанная жизнь. Они видят скрытые структуры, которые основывают очевидные процессы. Выражение себя происходит не за счет других людей. Такие сотрудники проявляют гибкость и нестандартный подход в управлении, успешно пользуются трендами развития.

Холистический, глобалистский Бирюзовым уровнем движет сострадание, видение и поддержание глобального равновесия. Мировоззрение таких сотрудников основано на сохранении тонкого баланса в непостижимом мире, глубоком внимании к многомерным перспективам, без предпочтения какой-либо из них. Суть: приноси в жертву своё жизненное время ради экзистенциальных реальностей в мире, где всегда есть равновесие между бытием и становлением [2]. Такие сотрудники действуют в соответствии с глобальными и локальными контекстами существования, преследуют глобальные цели. Им присущи холистический, глобалистский характеры.

Конфликты у сотрудников могут возникать из-за различия в их уровне модели спиральной динамики. Так, сотрудник с ярко выраженным оранжевым уровнем, то есть которому важно достигнуть личных высот, будет не понимать сотрудника зеленого уровня, которым движут идеи равенства и единства.

Таким образом, при принятии нового сотрудника руководителю необходимо понимать какие ценности движут человеком для того, чтобы назначить на верную должность и определить за ним те полномочия, которые соответствуют его уровню. Такой подход позволит новым сотрудникам легче адаптироваться к корпоративной культуре предприятия.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Сазонов А.И.* Анализ корпоративной культуры финансовых организаций (на примере АО «Группа Ренессанс-страхование») / А.И. Сазонов, М.А. Новиков // Семьдесят третья всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 20 апреля 2020 г.,

Ярославль: сб. материалов конф. В 2 ч. Ч. 1. Ярославль : Издательство ЯГТУ, 2020. С. 1113-1117.

2. Спиральная Динамика для развития Организаций, Руководителей и Личности. РИСД, Российский Институт Спиральной Динамики, 2020. URL: <https://spiraldynamicsinstitute.ru/spiral-dynamics/theory-and-model>



**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ  
ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИЕЙ**

**Ю.М. Зимин, Ю.В. Васильков**

Научный руководитель – **Ю.В. Васильков**, д-р техн. наук,  
профессор

Ярославский государственный технический университет

*В статье рассматриваются цели и задачи проектируемой системы управления образовательной организацией. Дана оценка эффективности ее разработки и эксплуатации.*

***Ключевые слова:** система управления, образовательный процесс, Образование 4.0.*

**DESIGN OF INTELLECTUAL PROPERTY  
INFORMATION AND ANALYTICAL MANAGEMENT  
SYSTEM OF AN EDUCATIONAL ORGANIZATION**

**Y.M. Zimin, Y.V. Vasilkov**

Scientific Supervisor – **Y.V. Vasilkov**, Doctor of Technical  
Sciences, Professor

Yaroslavl State Technical University

*The paper examines the goals and objectives of the projected educational process management system of an educational organization. The efficiency of its development and operation is evaluated.*

***Keywords:** control system, educational process, Education 4.0.*

В наши дни стремительное развитие технологий ведет к четвертой промышленной революции, в результате которой формируется Промышленность 4.0 (Industry 4.0). Данное направление базируется на киберфизических системах, интернете вещей (IoT) и искусственном интеллекте. Формированию Индустрии 4.0 способствует творческий потенциал людей, который закреплен знаниями и навыками в передовых областях науки и техники, непрерывным обучением с целью обновления имеющихся знаний, а также повышения гибкости в смене профессиональной деятельности.

Термин 4.0 может быть применен к различным социально-техническим системам, например, «Медицина 4.0», «Бизнес 4.0». Не осталось в стороне и образование. Под концепцией Образование 4.0 (Education 4.0) понимается тот уровень образования, который должен соответствовать требованиям Industry 4.0. При этом обучающиеся должны быть готовы к следующей неминуемой промышленной революции.

Из сказанного выше понятно, что образование – это процесс. Поэтому для улучшения его результативности, как и для всех процессов, им нужно управлять, основываясь на оценке характеристик (данных) качества процесса.

Основой разрабатываемой системы является система управления базой данных (СУБД) с функциями статистического управления образовательным процессом (SPC) в соответствии с технологиями искусственного интеллекта. Для увеличения качества образовательного процесса интеллектуальная часть системы должна выполнять следующие задачи:

- Выявлять тенденции уровня профессиональной подготовки по группе однородных предметов для каждого студента. Это позволяет дать определенные рекомендации для организации образовательного процесса с целью индивидуального формирования будущего специалиста.

- Выявлять причины неудовлетворительного освоения учебного материала. Это поможет вносить соответствующие корректировки в организацию учебного процесса, если проблема в этом.

- Улучшать качество образовательного процесса путем формирования упреждающих рекомендаций.

- Проводить анализ внеаудиторной деятельности студентов: спортивные мероприятия, конференции, олимпиады, чемпионаты профессионального мастерства (World Skills) и т.д.

- Проводить оценку корреляции уровня подготовки преподавательского состава (повышение квалификации, категории, результаты открытых занятий), материально-технической и методической базы образовательной организации и успеваемости обучающихся.

Реализация проектируемой системы затрагивает следующие вопросы:

- Разработка структуры базы данных: анализ предметной области, нормализация, проектирование таблиц базы. В качестве предметной области для создания системы выбрана учебная деятельность учреждения среднего профессионального образования.

- Реализация серверной части: работа с объектами и информацией базы, решение вопросов безопасности и администрирования.

- Разработка алгоритмов интеллектуальной части системы.

- Проектирование клиентского программного обеспечения – интерфейса пользователя с функциями предоставления информации, получаемую из базы, принимать команды от пользователя, формировать запросы к серверу

базы данных и получать запрошенную информацию, вывода предупреждающих сообщений и рекомендаций, результатов аналитической части системы.

Современные информационные системы можно разделить на большие группы [1]:

1. Коммерческие системы – представляют собой единый программно-аппаратный комплекс.

2. Наборы программно-аппаратных модулей разных производителей, которые управляются системой, написанной, как правило, третьей стороной. Сюда же можно отнести и собственные разработки.

Наибольшее распространение получили системы второй группы. При этом можно выделить следующие недостатки при использовании готовых информационных систем [2]:

1. Высокая стоимость продукта.

2. Любое изменение или модернизация информационной структуры требует обращения к разработчикам, что влечет к дополнительным материальным и временным затратам.

3. Длительность процесса внедрения. В условиях развития организации к моменту ввода в эксплуатацию разработанной системы структура последней может не соответствовать текущему состоянию объекта.

4. Оторванность исполнителя от реалий заказчиков. Предоставляемые системой данные должны отражать действительное состояние управляемого объекта. Для этого протекающие в нем процессы должны быть описаны с учетом особенностей, свойственных образовательной организации.

Исходя из вышесказанного, актуальность разработки собственных интеллектуальных информационно-аналитических систем остается и на сегодняшний день.

Таким образом, с помощью предложенной интеллектуальной информационной системы образовательные организации смогут повысить свои показатели эффективности: общий уровень успеваемости, удовлетворенность выпускников и обучающихся. А это, в свою очередь, сопровождается ростом рейтинга организации, его популярности среди абитуриентов и работодателей, то есть развитием.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Меньшикова Н.В.* Информационные системы организации и управления учебным процессом: Курс лекций / под ред. И.А. Суловой. Екатеринбург, 2008. 74 с.

2. *Ваганов Т.Р.* Проблемы внедрения современных информационных систем 24.04.2002 // Материалы интернет-конференции. URL: [http://socionet.ru/archives/users-docs/vaganov\\_timur.621\\_Об/files/f02114134722.doc](http://socionet.ru/archives/users-docs/vaganov_timur.621_Об/files/f02114134722.doc) (21.04.2008)