

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

АЛТАЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. И. И. ПОЛЗУНОВА

## НАУКА И МОЛОДЕЖЬ

ТОМ 1  
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ, ЧАСТЬ 1

*МАТЕРИАЛЫ  
XIX ВСЕРОССИЙСКОЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ  
КОНФЕРЕНЦИИ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ*

**18-22 апреля 2022 года**

ISBN 978-5-7568-1413-2



АлтГТУ  
Барнаул • 2022

© Алтайский государственный технический  
университет им. И.И. Ползунова, 2022

ББК 72.5+74.480.278

УДК 62

**Наука и молодежь** : Том 1. Инженерно-технические науки, часть 1 : материалы XIX Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (18–22 апреля 2022 года, г. Барнаул) / Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова. – Барнаул : АлтГТУ, 2022. – 364 с. – URL : [https://journal.altstu.ru/konf\\_2022/2022\\_1/103/](https://journal.altstu.ru/konf_2022/2022_1/103/) – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7568-1412-5

ISBN 978-5-7568-1413-2 (т. 1, ч. 1)

Конференция посвящена актуальным вопросам научных исследований в области инновационных машиностроительных технологий, новых конструкционных материалов, сварочного производства, транспортных и транспортно-технологических систем, электроэнергетики, электротехники и энергомашиностроения. Сборник включает материалы конференции, проведенной 18-22 апреля 2022 года в г. Барнауле.

Материалы издаются в авторской редакции.

#### **Ответственные редакторы:**

Раззамазов Никита Иванович – студент кафедры НТТС  
Некрасов Вячеслав Николаевич - к.т.н, доцент кафедры ТМ  
Попова Анастасия Александровна - зам. зав. каф. МБСП, к.т.н., доцент  
Григор Андрей Сергеевич – к.т.н., доцент кафедры МиТОМ  
Исаева Надежда Вадимовна – аспирант кафедры МиИ  
Головина Елена Анатольевна - к.т.н., доцент кафедры ССМ  
Павлюченко Илья Александрович - ассистент кафедры ЭПП  
Васильев Валерий Юрьевич – зав. лабораторией, ассистент кафедры ЭПБ  
Дедаев Константин Евгеньевич – ст. преподаватель кафедры ЭиАЭП, инженер  
Хуторненко Анна Викторовна – инженер кафедры КиРС

Материалы конференции  
Минимальные системные требования  
Yandex (20.12.1) или Google Chrome (87.0.4280.141) и т.п.  
скорость подключения - не менее 5 Мб/с, Adobe Reader и т.п.

Дата подписания к использованию 27.06.2022. Объем издания – 5 Мб.

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего образования «Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова», 656038, г. Барнаул, пр-т Ленина, 46, <https://www.altstu.ru>.

ISBN 978-5-7568-1412-5

ISBN 978-5-7568-1413-2 (т. 1, ч. 1)

© Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, 2022

[К содержанию](#)

## СОДЕРЖАНИЕ

### СЕКЦИЯ «НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

<b>Балыкин К.А.</b> Обоснование конструкции и экспериментальное исследование центробежного вентилятора с переменным углом постановки лопаток.....	12
<b>Гришин Д.О.</b> Применение центробежно-воздушного сепаратора в послеуборочной обработке зерна и семян .....	14
<b>Джурко И.А.</b> Влияние метеоусловий на возникновение наездов на пешеходов на федеральных дорогах .....	16
<b>Дзюбло Р.С.</b> Разработка уборочной машины-контейнеровоза для сбора плодов облепихи ...	19
<b>Миллер А.В.</b> К обоснованию параметров инъекционного колеса ликвилайзера.....	22
<b>Терехов А.К.</b> Апробация метода детонационно-газового напыления антикавитационных покрытий на «мокрой» гильзе дизельного двигателя .....	25

### СЕКЦИЯ «СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ»

#### ПОДСЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

<b>Афанасьева А.Е.</b> Обработка деталей типа «эксцентриковый вал» на фрезерных обрабатывающих центрах .....	27
<b>Банников Н.О.</b> Улучшение параметров качества шероховатости при обработке поверхностей, имеющих сложный профиль .....	29
<b>Долгова Ф.Ф.</b> Разработка специализированной САМ-системы для изготовления деталей типа «шнек» с переменным профилем сечения канавки на токарных станка .....	30
<b>Животикова О.Е.</b> Зубофрезерование на 5-координатных многоцелевых станках .....	32
<b>Зюзин Д.И.</b> Зависимость геометрических характеристик и гидроплотности плунжерных пар топливных насосов высокого давления .....	33
<b>Краснопольский С.В.</b> Автоматизация контроля технологического процесса изготовления изделия .....	34
<b>Лаврентьев Д.Е.</b> Совершенствование жизненного цикла технологических систем на этапе конструкторской подготовки производства .....	36
<b>Левченко Д.С., Чернакова О.В.</b> Методика экспериментального исследования влияния режимов обработки на шероховатость поверхности при сверлении деталей из углепластика .....	39
<b>Леденёв С.А.</b> Диспетчерское обеспечение технологических процессов .....	41
<b>Лушков К.В.</b> Способы обработки винтовых поверхностей валов .....	42

<b>Маценко И.А., Попов С.П.</b> Применение универсальных устройств для механизации сварки тавровых соединений .....	45
<b>Потапахин Н.Ю.</b> Управление производственным процессом изготовления гильз патрона .....	47
<b>Рудь А.А.</b> Повышение производительности обработки иглофрезерованием деталей из сплавов алюминия и ПВХ путём исследования силовых характеристик процесса резания .....	50
<b>Седашкин А.Д.</b> Управление качеством продукции на основе статистического моделирования процесса расчета выборок.....	53
<b>Тарасов Д.А.</b> Совершенствование технологического процесса изготовления деталей из сплавов алюминия и ПВХ путём применения метода иглофрезерования .....	54
<b>Токарев А.В.</b> Технологическое обеспечение качества плоских поверхностей пазов при фрезеровании концевой фрезой малого диаметра .....	58
<b>Травина А.В.</b> Система искусственного интеллекта для выбора токарного инструмента .....	59
<b>Угрюмов М.Ю.</b> Снижение трудоемкости производственного процесса изготовления деталей .....	61
<b>Фещенко С.А.</b> Изготовление боковых пластин приводных цепей .....	64
<b>Черданцев А.О., Афанасьева А.Е.</b> Разработка специализированной САМ-системы изготовления деталей типа «эксцентриковый вал» на фрезерных обрабатывающих центрах .....	65
<b>Чернакова О.В., Левченко Д.С.</b> Обеспечение качества отверстий при сверлении углепластика .....	68

### **ПОДСЕКЦИЯ «ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА»**

<b>Антипенко А.А.</b> Исследование взаимодействия однофазной латуни с жидким галлием .....	70
<b>Астанина Н.С.</b> Коррозионностойкий литейный алюминиевый сплав .....	72
<b>Видищева А.В.</b> Способ изготовления литейных стержней и форм из холоднотвердеющих смесей .....	74
<b>Волков В.В.</b> Совершенствование эффективности технологического процесса в производстве стальных резервуаров на предприятии ООО «Викинг» при помощи внедрения и применения высокоскоростной обработки конструкционных материалов .....	76
<b>Дробот В.М.</b> Механизация и автоматизация ультразвукового контроля сварных соединений .....	78
<b>Ерофеев Н.С.</b> Композиционная сварочная проволока .....	80

<b>Кошкар</b> И.С. Современные технологические усовершенствования в области контактной точечной сварки .....	83
<b>Мезенцев</b> Д.С. Электрический контроль полимерной изоляции стальных труб газопроводов .....	85
<b>Могиленко</b> Д.И. Совершенствование технологии сборки и сварки рамы радиального борта хоккейной коробки .....	88
<b>Новиков</b> Н.А. Определение влияния угла наклона электрода на формирование шва при сварке в нижнем положении .....	90
<b>Ридель</b> Н.А. Исследование технологического процесса опытного производства подающих столов многопильных станков .....	91
<b>Чувашов</b> С.М. Электрод для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей .....	94

### **ПОДСЕКЦИЯ «МАШИНОСТОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ»**

<b>Антипенко</b> А.А. Повышение эффективности изготовления отливок путем применения современных информационных технологий .....	97
<b>Астанина</b> Н.С. Влияние технического углерода на свойства бентонита.....	99
<b>Видищева</b> А.В. Опыт внедрения холоднотвердеющих смесей на основе связующего БС-40 .....	101
<b>Зуйков</b> В.В. Применение систем компьютерного моделирования при разработке технологии изготовления отливок .....	104
<b>Нужных</b> В.В. Актуальность и способы повышения производительности технологических процессов изготовления деталей грузовых вагонов.....	107

### **ПОДСЕКЦИЯ «ИННОВАТИКА»**

<b>Березиков</b> М.А. Организация образовательного процесса слепых и слабовидящих людей с применением речевых информационных систем .....	110
<b>Дубровская</b> А.В., <b>Исаева</b> Н.В. Перспективы применения грибного порошка «Рейши» при производстве хлебобулочных изделий .....	113
<b>Кузбаев</b> Е.О. Технология сбора-утилизации литиевых источников питания с применением разрядной станции .....	115
<b>Сатлаева</b> В.В. Разработка съедобной посуды на основе побочных продуктов мукомольного производства в условиях Алтайского края .....	118
<b>Синкин</b> В.А. Технология производства резиновой плитки на основе крошки в условиях Алтайского края .....	121

<b>Соломатов С.П.</b> Технология производства древесного угля с применением дожига газов .....	125
<b>Фёдорова В.А.</b> Мобильное зарядное устройство с применением солнечной энергии .....	127
<b>Чебулин Е.А.</b> Актуальность разработки композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина .....	130
<b>Шипилова А.В.</b> Системы сейсмоизоляции со скользящим поясом для строительства зданий .....	133

### **ПОДСЕКЦИИ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ»**

<b>Веретенников И.А.</b> Строение полимера – ключ к свойствам пластмасс.....	136
<b>Волченко Е.И.</b> Влияние компонентных составов на реакционную способность экзотермических порошковых материалов .....	138
<b>Гринёв А.А.</b> Полярные термопласты .....	141
<b>Емельянова А.Е.</b> Разработка технологического процесса производства очковых линз на основе термопластов.....	144
<b>Катайцева Д.Г.</b> Влияние модификации ультрадисперсными частицами эпоксидного связующего на вязкоупругие характеристики базальтопластиков .....	147
<b>Квачиненко Д.А.</b> Композиционные материалы, армированные волокнами .....	149
<b>Коптелов Г.С.</b> Пластмассы с порошковыми наполнителями.....	151
<b>Купреев Д.А.</b> Полимерные покрытия устойчивых композитов и их применение .....	154
<b>Локтюшов М.В.</b> Эластомеры – «родственники» пластмасс .....	156
<b>Макарьев А.Н.</b> Возможности снижения экономических затрат при использовании эпоксидных смол для производства КМ.....	159
<b>Марковский М.Е.</b> Исследование физико-механических характеристик базальтопластиков с модифицированным связующим .....	162
<b>Марченко И.А.</b> Сравнительный анализ материалов, используемых для изготовления напольных спортивных покрытий.....	164
<b>Мусатова Д.А.</b> Анализ основных компонентов композиционного материала.....	166
<b>Огиенко Т.И.</b> Композиционные материалы для производства костных имплантатов.....	169
<b>Пилюгин В.Е.</b> Повышение прочности компьютерной периферии.....	172
<b>Платонов А.Е.</b> Электротехнические металлокерамические материалы .....	175
<b>Полянский Е.Д.</b> Техническая керамика: виды, свойства и области применения .....	176

<b>Сентябов И.В.</b> Влияние процесса боросилицирования на микротвердость диффузионного покрытия на стали 30ХГСА .....	178
<b>Серик В.О.</b> Износостойкие покрытия на основе полимерного связующего и дисперсного наполнителя .....	181
<b>Сибиряков М.С.</b> Стекло – традиционный и перспективный материал .....	184
<b>Смирнов А.В.</b> Определение оптимальной концентрации гидроксида алюминия в эпоксидном связующем с целью повышения огнестойких свойств .....	187
<b>Ткаченко В.В.</b> Повышение трещиностойкости лонжерона крыла фронтовой авиационной техники .....	190
<b>Фишер А.Э.</b> Разработка технологического процесса изготовления керамокомпозитных протезов .....	192
<b>Черенков Е.Д.</b> Полимерные дисперснонаполненные покрытия на основе эпоксидного связующего методом горячего отверждения .....	195
<b>Шефер Н.А.</b> Пенополиуретаны - состав, морфология, свойства и применения.....	198

## СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»

### ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»

<b>Акулинин С.С.</b> Электроснабжение автотранспортной базы отдыха альтернативными источниками энергии .....	201
<b>Блинов К.А.</b> Повышение эффективности электрических сетей. Технология SmartGrid.....	203
<b>Востриков С.В.</b> Разработка комплекса мероприятий по улучшению параметров качества электроэнергии на предприятии «АЛМАК» (ОАО «Алтайские макароны»).....	206
<b>Гречко Н.Ф.</b> Электромагнитная совместимость при питании сторонних потребителей от тяговых подстанций.....	209
<b>Дрозд Р.А.</b> Обоснование и критерии выбора диммируемой светодиодной лампы .....	211
<b>Зиминова Л.А.</b> Система адаптивного освещения для промышленных предприятий.....	213
<b>Ивлев А.О.</b> Географически правильное расположение электрических зарядок на территории города Барнаул .....	215
<b>Казаков Д.А.</b> Использование отходов зернообрабатывающего комплекса в качестве источника электрической энергии .....	216
<b>Колодченко Н.В.</b> Актуальность использования электромобилей в Барнауле.....	219
<b>Кочешкова А.М., Галанина У.А.</b> Альтернативные источники энергии в Алтайском крае .....	222

<b>Кречетов А.Д.</b> Основные общие принципы разработки устройств волнового определения места повреждений в сетях с изолированной нейтралью .....	225
<b>Кызлаков А.А.</b> Выбор сечения проводов с помощью метода экономических токовых интервалов .....	227
<b>Мешков А.В.</b> Возможность разгрузки электросетей с помощью установки газопоршневых электростанций на производственные предприятия .....	229
<b>Мовенко М.Н.</b> Сравнение зарубежных и отечественных показателей надежности .....	231
<b>Пролубников М.А.</b> Разработка системы автоматизации устройства повышения напряжения в удаленных от подстанции сетях 0,4 кВ .....	234
<b>Сарайкин В.А.</b> Внутренняя молниезащита объектов старой застройки и культурных памятников .....	237
<b>Соколов С.М.</b> Система поддержки принятий решений в цифровых подстанциях .....	239
<b>Ткачѳв К.Д.</b> Технология VR/AR как помощник в обучении персонала .....	241
<b>Товкайло Д.Е.</b> Исследование характеристик полупроводниковых выпрямителей путем модернизации учебного стенда .....	242

### **ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И БЫТА»**

<b>Богоутдинов Е.Р., Овсепян В.А.</b> Анализ переходных процессов в линии электропередач при автоматическом повторном включении силового трансформатора .....	244
<b>Боярков Д.А.</b> Основные направления совершенствования системы технического обслуживания и ремонта электрических сетей .....	247
<b>Васильев В.Ю., Соловской А.С.</b> Возможность развития концепции контроля электромагнитной обстановки с использованием нескольких электронно-оптических методов.....	256
<b>Виганд И.А.</b> Способы снижения потерь электрической энергии .....	252
<b>Девянин А.А., Овсепян В.А.</b> Возникновение больших пусковых токов при пуске трехфазных асинхронных двигателей и способы их устранения.....	255
<b>Казымов И.М.</b> Сокращение затрат при полном цикле эксплуатации электрооборудования.....	256
<b>Кривошеева А.П.</b> Методика расчѳта переходного процесса с немгновенной коммутацией.....	258
<b>Кудряшев А.В.</b> Обзор задач цифровой трансформации российской электроэнергетики .....	261
<b>Кузьмин А.О., Раисов Т.Р.</b> Основные принципы при разработке системы управления рисками в филиале ПАО «Россети Сибирь» - «Алтайэнерго .....	263
<b>Кундель С.А., Осипов К.А.</b> Оценка точности определения потерь электроэнергии при существенной несимметрии нагрузок .....	266



<b>Нащекин В.С., Казацкий М.А.</b> Выбор силовых трансформаторов с учетом критерия эффективности защиты от коротких замыканий внутренних сетей объектов АПК .....	269
<b>Петрова А.С.</b> Мероприятия по обеспечению уровня напряжения потребителей .....	271
<b>Раисов Т.Р., Кузьмин А.О.</b> Использование темпоральной логики при управлении рисками на предприятиях электроэнергетики.....	273
<b>Сулоев А.С.</b> Компенсация реактивной мощности на электрическом участке ТЭЦ ОАО «Кучуксульфат» .....	275
<b>Татур И.Э.</b> Анализ рынков электроэнергии .....	277
<b>Титова Т.А.</b> Оценка структуры работы при численном моделировании потерь электроэнергии.....	280
<b>Шикова Ю.С.</b> Экономическая эффективность контроля качества контактных соединений.....	282
<b>Шлионская Ю.Д.</b> Проблемы применения информационных технологий для анализа техногенных рисков опасности электроустановок инфраструктуры АПК.....	285

### **ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД»**

<b>Аргунов В.И.</b> Способ управления шаговым режимом работы драйверов шагового двигателя .....	287
<b>Асташин Д.И.</b> Экспериментальные исследования системы обогрева счетчика электроэнергии.....	289
<b>Боровик В.В.</b> Солнечные батареи для электроснабжения сельских потребителей .....	292
<b>Володин А.А.</b> Параметры технологического процесса при изготовлении низкотемпературных электрообогревателей для АПК .....	294
<b>Гавриленко П.Н.</b> Исследование моторного дросселя в системах с частотно-регулируемым электроприводом.....	297
<b>Гаранин М.Е.</b> Методика расчета параметров траектории движения солнечных фотоэлектрических модулей с системой слежения .....	299
<b>Давыдов А.Е.</b> Регулируемый электропривод переменного тока с двузонным управлением для синхронного двигателя .....	301
<b>Девянин А.А.</b> Простой реверсивный коммутатор для двухфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.....	302
<b>Дорохов Д.В., Еремочкин С.Ю.</b> К вопросу выбора способа запуска трехфазных электродвигателей сельскохозяйственного оборудования от однофазной сети .....	304
<b>Жовтовский Л.И.</b> Анализ алгоритмов стабилизации скорости беспилотного летательного аппарата.....	307

<b>Жуков А.А.</b> Имитационное моделирование трехфазного асинхронного электропривода в среде Simintech .....	308
<b>Иванов И.А.</b> Исследование и анализ устойчивой работы системы электроснабжения автономного потребителя.....	312
<b>Казаков Н.М.</b> Анализ функционирования приборов учета электроэнергии.....	315
<b>Ляпин Н.Ю.</b> Применение алгоритмов линейной интерполяции для станков с ЧПУ при проектировании постпроцессора.....	317
<b>Миллер Р.А.</b> Цифровая система предварительной проверки электрических параметров электропроводной среды в технологиях электроконтактного нагрева .....	318
<b>Минигалиев Н.Э.</b> Синтез регулятора скорости беспилотного летательного аппарата.....	322
<b>Овсепян В.А.</b> Контроль режимов работы реверсивного тиристорного выпрямителя в электроприводе постоянного тока.....	323
<b>Парфёнов М.А.</b> Исследование статического вихревого преобразователя с неподвижными обмотками.....	326
<b>Полевщиков А.Л.</b> Исследование режимов работы систем ДПТ – тиристорный преобразователь .....	328
<b>Попов Д.О.</b> Автоматизированный электропривод паровых котлов, использующих вихревую технологию сжигания растительных отходов.....	329
<b>Пшеничный Д.В.</b> Исследование электрического привода с двигателем постоянного тока с использованием П и ПИ регуляторов .....	332
<b>Родт С.А.</b> Повышение эффективности территориальных систем локального энергоснабжения за счет рационального использования природных ресурсов.....	334
<b>Романенко С.Н.</b> Организация низкотемпературных испытаний щита учета электроэнергии.....	337
<b>Рудель А.М.</b> Исследование результатов внедрения устройств плавного пуска электродвигателей на примере зерноочистительного комплекса .....	340
<b>Рязанова Е.Д.</b> Компактное устройство пуска, реверса и регулирования скорости однофазного асинхронного двигателя .....	343
<b>Сухинин С.Е.</b> Двухдвигательный электропривод ленточного конвейера .....	345
<b>Третьяков А.В.</b> Анализ антиобледенительных систем для объектов ЖКХ .....	347
<b>Хоренко П.Е.</b> Решение проблемы коммутации нескольких электрохимических процессов .....	350
<b>Шумский Д.В.</b> Перспективы использования моторного дросселя в системе преобразователь частотный – асинхронный двигатель.....	351

## СЕКЦИЯ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»

<b>Живоглазова Ю.В., Дружинин Д.Д.</b> Твердые бытовые отходы как альтернативное топливо.....	353
<b>Каргин В.А.</b> Расчет кулачкового механизма привода ТНВД с пониженными нагрузками .....	355
<b>Кондырев В.А.</b> Применение 3d-принтера в литейном производстве .....	359
<b>Мамчур К.В.</b> Утилизация тепла отработавших газов двигателя внутреннего сгорания .....	362

## СЕКЦИЯ «НАЗЕМНЫЕ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ»

### ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ВЕНТИЛЯТОРА С ПЕРЕМЕННЫМ УГЛОМ ПОСТАНОВКИ ЛОПАТОК

Балыкин Кирилл Алексеевич, студент гр. ТТС-92, e-mail: kirya.balykin.01@mail.ru

Научный руководитель – Салеев Фарид Исмаилович, к.т.н., доцент,

e-mail: faridaltgtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*На основе известных закономерностей о влиянии теоретического напора НТ на выходе с рабочего колеса вентилятора от угла выхода лопаток  $\beta_2$  сформулировано предположение об уменьшении неравномерности распределения потока воздуха в нагнетательном патрубке широких центробежных вентилятора с изменением угла  $\beta_2$  по длине лопатки. Проведена экспериментальная проверка правильности этого предположения.*

В промышленности и, в частности, в машиностроении используют широкие центробежные вентиляторы. Этот тип воздуходувных машин характеризуется тем, что ширина их спирального корпуса намного больше диаметра рабочего колеса. Возникает противоречие, связанное с тем, что для технологических машин с целью увеличения производительности требуется увеличивать ширину вентиляторов и при этом получать равномерное поле скоростей в нагнетательном патрубке вентилятора, а это в свою очередь ведет к неравномерному распределению скоростей воздушного потока в нагнетательном патрубке вентилятора. Разрешение этого противоречия является актуальной задачей.

Для центробежных вентиляторов известно уравнение Л. Эйлера, определяющее теоретический напор  $H_T$  на выходе с рабочего колеса вентилятора в безразмерных коэффициентах [2]:

$$H_T = 1 - C_{2r} \cdot ctg\beta_2, \quad (1)$$

где  $C_{2r}$  – радиальная составляющая абсолютной скорости воздушного потока на выходе с рабочего колеса,  $\beta_2$  – угол между касательной к плоскости лопатки вентилятора и касательной к окружности диаметра на выходе с рабочего колеса (угол выхода лопаток).

Из теории решения изобретательских задач (ТРИЗ) известны приемы устранения технических противоречий Г.С. Альтшуллера. Используем один из этих приемов (принцип асимметричности). Этот принцип предлагает перейти от симметричной формы объекта к асимметричной. Применительно к проблеме уменьшения неравномерного распределению скоростей воздушного потока в нагнетательном патрубке вентилятора широких центробежных вентиляторов предлагается изменять угла  $\beta_2$  по длине рабочего колеса вентилятора таким образом, чтобы в нагнетательном патрубке вентилятора, где скорости воздушного потока достаточны, как правило у торцов рабочего колеса, угол  $\beta_2$  составить, как у серийной конструкции вентилятора, а где скорости воздушного потока недостаточны, как правило у середины рабочего колеса, угол  $\beta_2$  плавно изменять от торцов рабочего колеса к его середине. Аэродинамическая схема такого рабочего колеса вентилятора представлена, например, в авторском свидетельстве [1].

Таким образом, зная значение коэффициента неравномерности потока воздуха в нагнетательном патрубке вентилятора и значение угла у краев рабочего колеса, нетрудно рассчитать угол в середине рабочего колеса для получения одинакового напора, а значит, и более равномерного распределения скоростей по ширине нагнетательного патрубка вентилятора.

Для экспериментальной проверки наших предпосылок использовался центробежный вентилятор шириной корпуса 900 мм и диаметром рабочего колеса 450 мм. В этом вентиляторе было установлено рабочее колесо, у которого угол постановки лопаток у краев колеса был принят 90 градусов, с плавным уменьшением к середине до 70 градусов. В качестве сравниваемого образца исследовался вентилятор с постоянным углом и равным 90 градусам углом постановки лопаток.

Скорость потока воздуха в нагнетательных патрубках этих вентиляторов измерялась трубкой Пито–Прандтля и микроманометра ММН-240 в центрах одинаковых прямоугольников, таким образом, что патрубок был разбит по высоте на пять сечений, а по ширине – на девять.

Результаты исследований приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 – Распределение скоростей потока воздуха в нагнетательном патрубке центробежного вентилятора базового сравниваемого образца

Номера сечений по высоте нагнетательного патрубка	Номера сечений по ширине нагнетательного патрубка											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$V_{cp}$ , м/с	$\delta$	$C_\delta$ , %
	V, м/с скорость потока воздуха в центре квадрата											
1	8,9	8,9	9,3	14,3	16,7	13,1	8,3	4,78	4,78	10,9	5,3	46,1
2	8,9	5,9	4,78	5,38	8,3	8,3	7,3	5,96	4,78	6,74	1,53	33,3
3	14,3	11,8	8,9	5,96	3,9	3,9	7,9	11,8	15,54	9,34	4,03	47,2
4	19,2	16,7	11,9	5,56	5,96	6,52	11,9	15,5	17,4	12,1	5,93	49
5	11,9	9,45	8,3	5,96	3,6	4,85	5,96	7,4	9,98	7,45	2,56	34,25

Таблица 2 – Распределение скоростей потока воздуха в нагнетательном патрубке центробежного вентилятора с лопатками с переменным углом  $\beta_2$

Номера сечений по высоте нагнетательного патрубка	Номера сечений по ширине нагнетательного патрубка											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	$V_{cp}$ , м/с	$\delta$	$C_\delta$ , %
	V, м/с скорость потока воздуха в центре квадрата											
1	6,2	6,2	6,25	12,2	7,2	7,2	6,2	6,2	6,2	7,1	1,87	26,0
2	6,2	6,2	6,25	12,2	8,7	7,2	6,2	6,2	6,2	7,3	1,92	26,3
3	8,2	6,2	6,2	9,3	9,3	7,2	6,4	6,2	7,2	7,4	1,98	26,8
4	12,2	7,8	7,2	7,2	7,2	7,4	7,4	7,6	7,6	8,0	1,51	18,9
5	12,2	8,2	7,4	7,25	7,15	7,4	7,2	8,2	10,2	8,3	3,14	37,8

В таблицах 1 и 2 используются следующие обозначения:  $V_{cp}$  – средняя скорость в поперечном сечении, м/с;  $\delta$  – среднеквадратичное отклонение скорости;  $C_\delta$  – коэффициент вариации скорости воздушного потока в поперечном сечении, %.

Как видно из этих таблиц, коэффициент равномерности скоростей воздушного потока, рассчитанный для центробежного вентилятора с лопатками с переменным углом  $\beta_2$ , выше, чем у сравниваемого образца.

Достаточные скорости, равномерность и производительность вентилятора с переменным по длине лопатки рабочего колеса углом  $\beta_2$  создают предпосылки более широкого использования этих вентиляторов в воздушно-решетной очистке зерноуборочных комбайнов, зерноочистительных и других машин, где используются широкие вентиляторы.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авторское свидетельство 667694 Союз Советских Социалистических Республик, МПК F04D29/28. Рабочее колесо центробежного вентилятора для сельскохозяйственных машин: № 2491131/25-06: заявл. 27.05.1977: опублик. 15.06.1979 / Семенов В.Ф., Салеев Ф.И.; заявитель Алтайский политехнический институт им. И.И. Ползунова - 2 с.

2. Центробежные вентиляторы: монография / А.Д. Брук, Т.И. Матикашвили, М.И. Невельсон. [и др.] - Москва: Машиностроение, 1975.- 416 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНО-ВОЗДУШНОГО СЕПАРАТОРА В ПОСЛЕУБОРОЧНОЙ ОБРАБОТКЕ ЗЕРНА И СЕМЯН

Гришин Дмитрий Олегович, студент гр. ТТС-72, e-mail:grischin1998@gmail.com

Научный руководитель – Леканов Сергей Валерьевич, к.т.н., доцент, e-mail:serrg333@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Представлены основные подходы применения центробежно-воздушного сепаратора в технологиях очистки и сушки зерна и семян. Определены варианты использования данного типа сепараторов на различных этапах обработки зерна.*

**Ключевые слова:** послеуборочная обработка зерна, мобильный зерноочистительный агрегат, сепарация, очистка зерна, модульные технологии.

На современном этапе развития сельскохозяйственного машиностроения в области послеуборочной очистки зерна преобладают стационарные технологии, в то время как мобильные технологии на разных этапах эволюции дают ощутимый прирост эффективности. Первая передвижная зерноочистительная машина была выпущена в нашей стране в 1934 году и имела производительность 10 т/ч [1].

По мере развития технологий обработки зерна модульность технологий приобретает все большее значение. Мировые лидеры по производству зерноочистительных машин «Petkus» (Германия), «Cimbria» (Дания), «Akyurek» (Турция), «Bühler» (Швейцария), «JK Machinery» (Чехия) и другие, в последнее время активно внедряют модульную компоновку в свои новейшие разработки. Примером могут служить сепараторы серии S от «Petkus» (10 моделей) в которых потребитель может выбрать удобную модификацию именно под свои задачи. Фирмой «Bühler» разработана система «Vitaris», которая позволяет реализовывать большое количество комбинаций, как решетной очистки, так и использования воздушного потока (замкнутого типа и с рециркуляцией). Модульные зерноочистители «VibroMax» фирмы «JK Machinery» состоят из 4-х модулей: аспирация на входе (4 варианта); система решет (10 вариантов); система вывода материала (2 варианта) и аспирация на выходе (4 варианта). Всего предлагается 16 комбинаций машины «VibroMax», что позволяет решить любые технологические задачи.

Применяемые новые самопередвижные зерноочистительные машины также соответствуют модульному принципу построения технологического процесса.

В сельском хозяйстве Алтайского края и Российской Федерации в целом остро стоит проблема надежного и высокоэффективного решения для выделения легких примесей. Основная тенденция всех производителей – это увеличение производительности зерноочистительных машин, что весьма сильно ограничивает возможности аспирационных систем «плоскорешетных» сепараторов, так как увеличение производительности решетных станков идет гораздо быстрее (это увеличение количества решетных поверхностей), чем «может себе позволить аспирационная система». Габариты системы аспирации очень сильно влияют на эффективность очистки. Поэтому увеличение длины или высоты аспирационного канала чаще всего ограничено необходимостью установки машины в типовые зерноочистительные агрегаты [2].

Одним из путей выхода из положения недостаточной эффективности аспирационных систем существующих отечественных зерноочистительных машин может служить применение центробежно-воздушного сепаратора [3,4].

На рисунке представлена классификация способов применения центробежно-воздушного сепаратора. Основное назначение рассматриваемого сепаратора – это использо-

вание его в составе центробежно-решетного сепаратора [2]. Однако имеется возможность использования данного сепаратора и в плоскорешетных сепараторах [4].

Центробежно-решетные сепараторы с горизонтальной осью вращения ограничены сравнительно небольшой шириной машины (для своей производительности), поэтому использование аспирационных каналов вертикального или наклонного типа не позволяют добиться нужной эффективности и производительности. Использование центробежно-воздушного сепаратора на машинах данного типа позволит добиться согласованности по производительности и значительно повысить эффективность выделения легких примесей.

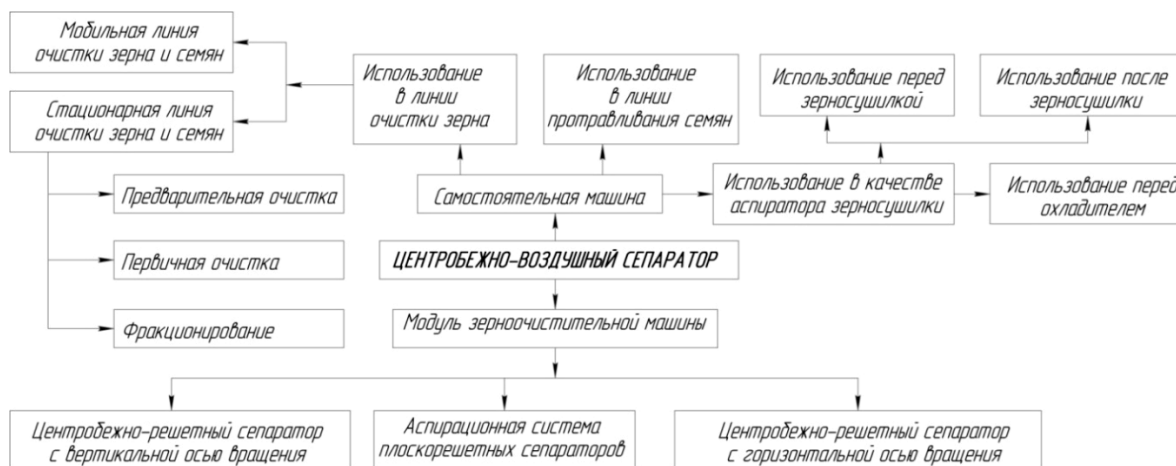


Рисунок – Классификация способов применения центробежно-воздушного сепаратора

В качестве самостоятельной машины центробежно-воздушный сепаратор может быть использован как в стационарных, так и в мобильных технологиях послеуборочной очистки зерна [5]. Использование данного сепаратора на этапе предварительной очистки зерна позволяет эффективно разделить зерновой ворох на две фракции: отходы и очищенное зерно, что выгодно его отличает от машин типа «Алмаз», где происходит разделение на множество фракций, которые необходимо смешивать после очистки, что затрудняет работу оператора.

В режиме первичной очистки центробежно-воздушный сепаратор будет незаменим при работе после центробежно-решетных сепараторов, так как в машинах данного типа отсутствует послерешетная аспирационная система. Двойная регулировка воздушного потока позволяет подобрать оптимальные параметры работы сепаратора.

В наиболее напряженный период уборки центробежно-воздушный сепаратор можно использовать в режиме фракционирования для увеличения производительности линии в целом. Выделенная промежуточная фракция, содержащая полноценное зерно должна будет дополнительно очищаться в менее напряженный период.

Одной из проблем послеуборочной обработки зерна является работа с влажным зерновым ворохом. Легкие примеси на этапе предварительной очистки не удаляются в полном объеме, поэтому целесообразно устанавливать дополнительные воздушные сепараторы перед сушилкой. На зерносушилках многих фирм стоят аспираторы, позволяющие выделять пылевидные примеси. Например, зерносушилki «Vesta» фирмы «Мельинвест» (г. Нижний Новгород), зерносушилki серий «К», «М», «S», «RSW» фирмы «Мери» (Финляндия) и т.д. Однако высокое содержание легких примесей в ворохе может привести к возгоранию зерносушилki и выделение только пылевидных примесей не в полной мере позволяет обезопасить процесс сушки зерна.

После сушки зерна дополнительно в ворохе образуются легкие примеси: во-первых, из-за движения зерна по самой зерносушилке; во-вторых, из-за неудаленных легких примесей, имеющих высокую влажность (а соответственно и массу) до сушки. Поэтому использование центробежно-воздушного сепаратора на данном этапе оправдано. Использование данного сепаратора перед охладителем имеет те же причины, что и после сушки зерна.

Протравливание семян, как правило, осуществляется перед посевом и семена необходимо дополнительно очистить после хранения. Использование для этих целей зерноочистительных агрегатов связано с высокой травмируемостью семян, поэтому необходимо в линиях протравливания предусматривать машины способные высокоэффективно очистить семена и в то же время наименее сильно воздействовать на них. Для данной операции подходит центробежно-воздушный сепаратор, который можно непосредственно расположить над протравливателем, что обеспечит минимальное использование транспортирующих устройств.

**Выводы.** Предложенная классификация способов применения центробежно-воздушного сепаратора позволяет адаптировать имеющиеся технологии послеуборочной обработки зерна для их более эффективной работы.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Drincha, V. M. Fundamentals and Prospects for the Technologies Development for Post-Harvest Grain Processing and Seed Preparation / V. M. Drincha, Yu. S. Tsench // Agricultural Machinery and Technologies. - 2020. - Vol. 14. - No 4. - P. 17-25. - DOI 10.22314/2073-7599-2020-14-4-17-25.

2. Технологии и техника для послеуборочной обработки зерна и семян: монография / Н.М. Иванов, Н.И. Стрикунов, С.В. Леканов; СФНЦА РАН.- Новосибирск: СФНЦА РАН.- 2021.- 277 с.

3. Патент России № 2675607 С1 МПК В07В 7/083 (2006.01). Центробежно-воздушный сепаратор / Леканов С.В., Стрикунов Н.И., Черкашин С.А. 2017146182; заявл. 26.12.2017; опубл. 20.12.2018, Бюл. №35.

4. Леканов С.В. Плоскорешетные сепараторы с кольцевым пневмосепарирующим каналом / С.В. Леканов, Н.И. Стрикунов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета.- 2021.- №12 (206).- С. 107-111.

5. Леканов С.В. Мобильный зерноочистительный агрегат для мелких фермерских хозяйств и крупных агрохолдингов / С.В. Леканов, Н.И.Стрикунов // Научно-техническое обеспечение АПК Сибири: материалы Международной научно-технической конференции (р.п. Краснообск, 7-8 октября 2021 г.) / Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук. – Новосибирск, 2021. – С.57-61.

#### ВЛИЯНИЕ МЕТЕОУСЛОВИЙ НА ВОЗНИКНОВЕНИЕ НАЕЗДОВ НА ПЕШЕХОДОВ НА ФЕДЕРАЛЬНЫХ ДОРОГАХ

Джурко Игорь Алексеевич, студент гр. ТТП-91, e-mail:ig-dj19@mail.ru

Научный руководитель – Печатнова Елена Владимировна, ассистент, e-mail:phukcia@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*На сегодняшний день проблема обеспечения безопасности дорожного движения» остается актуальной. В статье рассмотрен один из ведущих внешних факторов аварийности – метеорологические условия применительно к наездам на пешеходов на автомобильных дорогах федерального значения. С помощью частотного анализа и построения гистограмм проанализировано влияние таких метеорологических параметров как: осадки, скорость ветра, облачность и атмосферное давление, приведенное к среднему уровню моря.*

**Ключевые слова:** метеоусловия, безопасность дорожного движения, наезды на пешеходов, федеральные дороги, ДТП, влияние погодных условий на аварийность.

Безопасность дорожного движения является не только одной из основных стратегических целей общества и государства, но и предметом транспортных исследований. На риск возникновения ДТП влияет большое количество факторов, как внутренних, так и внешних. Одним из наиболее значимых внешних факторов являются метеоусловия [1]. В зависимости от периода года, погодные условия оказывают различное влияние на возникновение ДТП. В



зимний период одним из наиболее опасных погодных явлений является гололедица на поверхности дорожной одежды, появление которой значительно усложняет движение транспорта. Обильный снегопад, снежный накат, метель, туман способствуют снижению видимости, ухудшению сцепных свойств, излишнему психо-эмоциональному напряжению водителей, что также негативно сказывается на дорожно-транспортной безопасности. В весенне-осенний период приобретает особую значимость такой метеорологический параметр как перепад температур, который может провоцировать обледенение дорожного покрытия. В летний период одним из наиболее опасных явлений является начало дождя: на грязном асфальте образуется грязевая пленка из пыли, песка – все это приводит к снижению коэффициента сцепления [2].

Одной из значимых проблем в области безопасности дорожного движения являются наезды на пешеходов: около четверти всех ДТП с пострадавшими относятся к этому виду ДТП [3]. Влияние метеорологических условий на возникновение наездов на пешеходов на федеральных автомобильных дорогах в настоящее время недостаточно освещено в исследованиях российских и зарубежных ученых, в то же время такие аварии практически всегда характеризуются тяжелыми травмами у пешеходов, большим числом летальных исходов, а также в отдельных случаях травмы получает в том числе водитель или его пассажиры.

Цель работы: оценка влияния метеоусловий на вероятность возникновения наезда на пешеходов на федеральных дорогах. В рамках данного исследования учтено, что погодные условия оказывают влияние не только на дорожное покрытие, но они также влияют на самих участников дорожного движения: водителей и пешеходов. Люди, которые имеют некоторые проблемы со здоровьем, сильно ощущают на себе изменение погодных условий, результатом чего является ухудшение качества управления автомобилем, потеря координации, внимание на дороге и увеличение времени реакции.

Материалом для исследования выступили данные о ДТП с пострадавшими и без жертв, которые произошли на федеральных автомобильных дорогах Алтайского края (Р-256 «Чуйский тракт», А-322 Барнаул – Рубцовск – государственная граница с Республикой Казахстан) в течение 2018 года. Из общей выборки извлечены данные о наездах на пешеходов. С помощью архивной информации восстановлены данные о метеоусловиях в момент каждого ДТП: с помощью данных о месторасположении аварии определялась ближайшая метеостанция, а на основе даты и времени происшествия определялись параметры погодных условий с использованием специализированного сервиса [4]. Проанализированы следующие метеорологические условия: количество накопленных к моменту ДТП осадков (мм. за 12 часов), показатели ветра, облачность и давление, приведенное к среднему уровню моря. Анализ проводился путем расчета частот и построения соответствующих гистограмм.

На рисунке 1 показана гистограмма распределения наездов на пешеходов по количеству осадков. Более половины ДТП (53%) происходит при наличии осадков, 47% соответственно при их отсутствии.

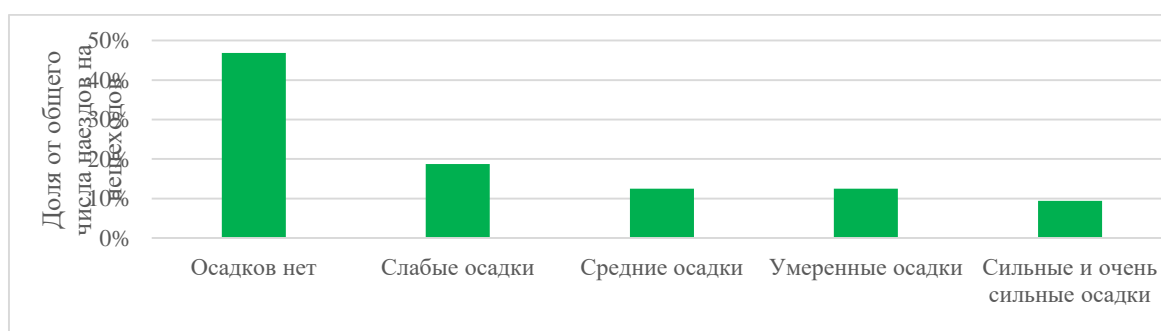


Рисунок 1 – Гистограмма распределения наездов на пешеходов по количеству осадков

На рисунке 2 показано распределение наездов на пешеходов в зависимости от скорости ветра. 81% происшествий зафиксировано при небольшой скорости ветра («тихий» –

«слабый», т.е. от 1 до 5 м/с). Самым распространенной скоростью ветра является показатель «легкий ветер», т.е. скорость 2-3 м/с.

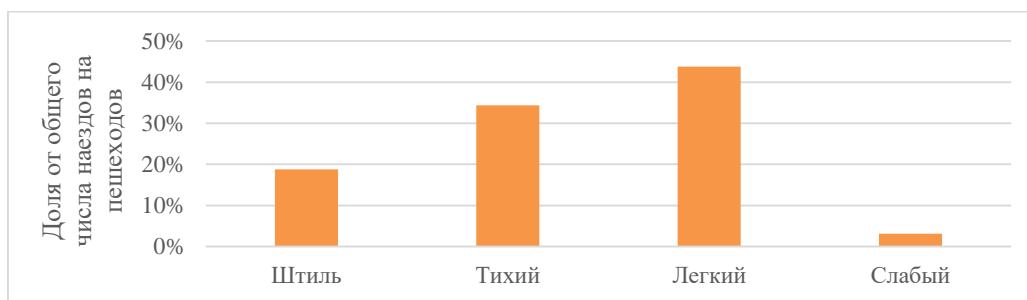


Рисунок 2 – Гистограмма распределения наездов на пешеходов по скорости ветра

На рисунке 3 представлены аналогичные результаты по облачности. Около половины всех изучаемых наездов на пешеходов на федеральных дорогах произошли в период, когда все небо закрыто облаками.

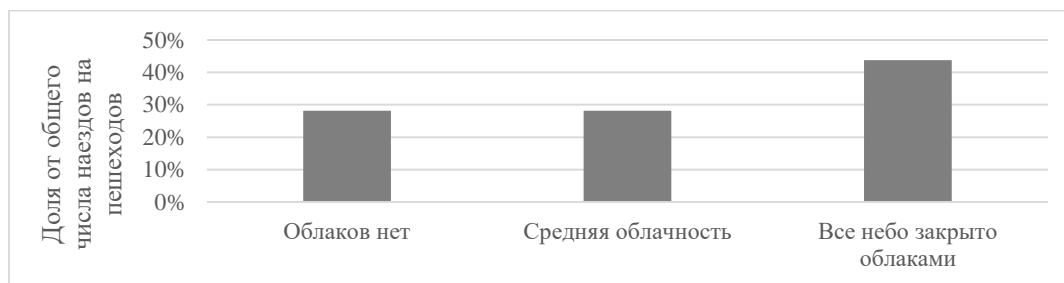


Рисунок 3 – Гистограмма распределения наездов на пешеходов по облачности

На рисунке 4 представлена гистограмма распределения наездов на пешеходов по атмосферному давлению, приведенному к среднему уровню моря. Чаще всего аварии происходят в период нормального давления (климатическая норма для Алтайского края), однако при сравнении частот низкого и высокого давления, очевидно преобладание в последнем.



Рисунок 4 – Гистограмма распределения наездов на пешеходов по давлению, приведенному к среднему уровню моря

На основе полученных графиков и распределений можно сформулировать следующие выводы. Наезды на пешеходов не происходят в период очень осложненных метеорологических условия, что объясняется отсутствием пешеходов в такое время на федеральных дорогах. Однако ряд метеоусловий неблагоприятно сказывается на возможности наезда. В частности, небольшие осадки, ветер, небо закрытое облаками и высокое атмосферное давление могут способствовать ДТП. Такие условия по всей видимости являются граничными для передвижения пешеходов по федеральным дорогам (в более суровые погодные условия пешеходы воздерживаются от передвижения), однако в то же время уже неблагоприятно влияют на водителя, дорожное покрытие и внимание участников движения.

В качестве перспектив исследования можно отметить следующие. Для исследования причин наезда на пешеходов при разных погодных условиях на федеральных дорогах можно

использовать информацию с видеорегистраторов при моменте наезда на пешехода и проанализировать, повлияли ли погодные условия на наезд пешехода. Также получению качественной информации может способствовать установка камер видеонаблюдения и автоматизированных дорожных метеостанций на некоторых пешеходных переходах на федеральных дорогах и на объектах притяжения. Просмотр записи с камер видеонаблюдения также может дополнять информацию при моменте наезда на пешехода.

Для того обеспечения безопасности пешеходам на федеральных дорогах следует: напоминать пешеходам правила дорожного движения (при помощи рекламных щитов, информационных табло, проведения специальных занятий для детей в школах), организовать освещение пешеходных переходов для наилучшей видимости водителей, расположить соответствующие дорожные знаки (ограничение скорости) и дорожную разметку, установить камеры видеофиксации нарушений, требовать от водителей соблюдения правил дорожного движения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Печатнова Е.В., Сафронов К.Э. Оценка влияния количества осадков на аварийность на дорогах вне населенных пунктов // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2020. Т. 17. № 4 (74). С. 512-522.
2. Почекунин М.А., Гольчевский В.Ф. Влияние погодных условий на причины ДТП в Забайкальском крае // Актуальные вопросы транспортной безопасности. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. 2017. С. 62-64.
3. Ларин О.Н., Глемба К.В., Гриценко А.В. Исследование факторов и параметров безопасности пешеходов на нерегулируемых пешеходных переходах // АПК России 2015. Т. 74. С. 74-104.
4. ООО «Расписание Погоды» [Электронный ресурс]. – URL: <https://rp5.ru>.

#### РАЗРАБОТКА УБОРОЧНОЙ МАШИНЫ-КОНТЕЙНЕРОВОЗА ДЛЯ СБОРА ПЛОДОВ ОБЛЕПИХИ

Дзюбло Роман Сергеевич, студент кафедры «Наземные транспортно-технологические системы», e-mail: [roma\\_dzyublo@mail.ru](mailto:roma_dzyublo@mail.ru)

Научный руководитель – Сороченко Сергей Федорович, д.т.н., профессор,  
e-mail: [sorochenkosf@list.ru](mailto:sorochenkosf@list.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Представлены результаты опытных конструкторских работ по разработке уборочной машины-контейнеровоза для сбора плодов облепихи. Проведён анализ перспективных способов промышленного сбора плодов облепихи, описана конструкция машины, представлена её пространственная модель. Предложены варианты использования разработанной машины-контейнеровоза.*

**Ключевые слова:** плоды облепихи, ягодоуборочный комбайн, уборка урожая, срезка плодоносящих ветвей, трудозатраты, контейнеровоз, машина, конструкция, виртуальная 3D-модель.

Климатические условия Алтайского края, как и юга Западной Сибири в целом, отличаются суровостью и резкой континентальностью. Тем не менее, даже в таких условиях стало возможным промышленное выращивание такой уникальной культуры как облепиха, плоды которой содержат большое количество полезных веществ, в том числе витаминов А, В, Е, С и др. Это даёт возможность использовать их в качестве лечебного и профилактического средства при многих заболеваниях.

Алтайский край является лидером по выращиванию облепихи не только среди регионов России, но также является одним из мировых лидеров. Одним из факторов, замедляющих процесс увеличения площади садовых насаждений облепихи, являются большие затраты при сборе плодов облепихи. Как отмечено в работе [1], производство плодов облепихи

сдерживается его исключительной трудоемкостью, которая обусловлена значительными затратами живого труда, главным образом на уборке урожая. Например, при урожайности плодоносящих насаждений на площади 10,2 га, равной 66,6 ц с 1 га, затраты труда в Барнаульском производственном хозяйстве НИИ садоводства Сибири в 1965-1974 гг. составили 574 чел.- дня, в том числе на сборе плодов - 517 чел. - дней, т. е. 90% [1].

**Целью работы** является анализ перспективных способов механизированной уборки плодов облепихи в условиях Алтайского края и разработка уборочной машины-контейнеровоза для сбора плодов облепихи.

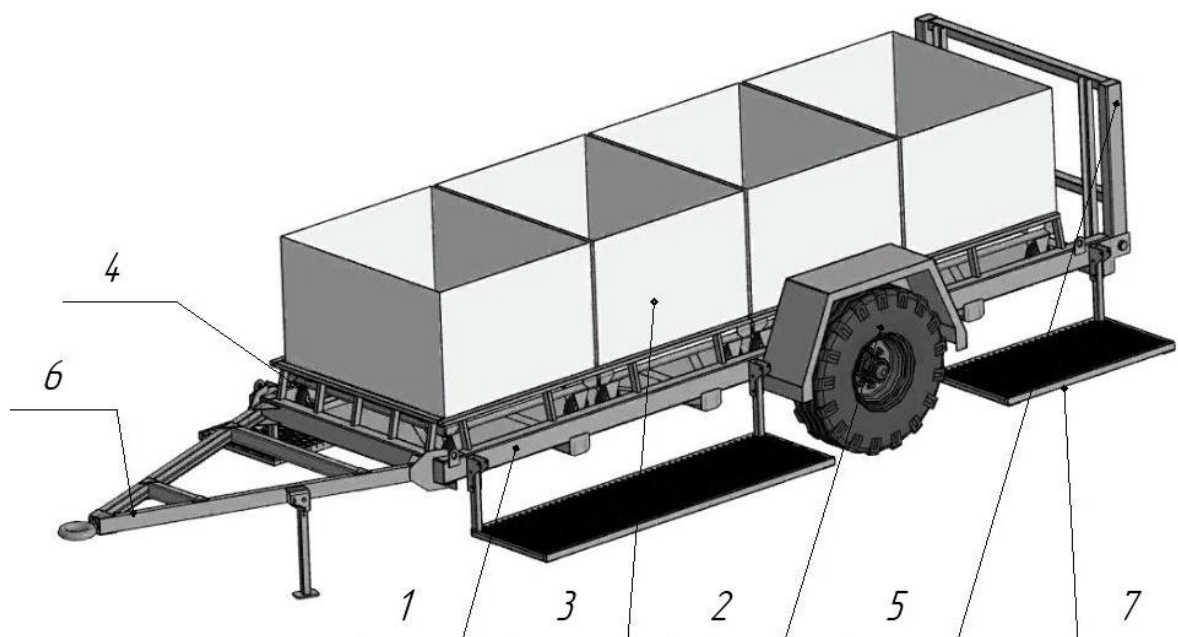
Существует несколько способов сбора плодов: ручной, комбайновый и срезка плодоносящих ветвей с последующим отделением ягод на плодоотделительной машине. Ручной способ отдельных плодов наиболее трудоемкий. Ручной способ ошмыгиванием проволочным крючком более производительный, но все равно уборку надо проводить только недозревших полностью плодов, иначе они раздавливаются [1]. Как отмечают ученые С.Н. Хабаров и А.А. Канарский [2], наиболее перспективными в настоящее время являются следующие способы: комбайновый способ и срезка плодоносящих ветвей с последующим отделением ягод на плодоотделительной машине.

Одним из существенных преимуществ комбайнового способа уборки является его высокая производительность (в 50-70 раз выше ручного), получение чистых плодов сразу после уборки, возможность уборки последовательно нескольких культур [2]. Конечно, комбайновый способ наиболее предпочтителен, однако не все сорта облепихи можно убрать этим способом из-за особенностей строения плодов, короткой и прочной плодоножки и довольно большого усилия отрыва плодов. К недостаткам данного способа также следует отнести высокую стоимость комбайна, а также нанесение механических повреждений растениям, что уменьшает период использования насаждений, и плодам.

При уборке облепихи по второму способу происходит срез плодоносящих ветвей, транспортирование к холодильной установке, замораживание и последующее отделение ягод на плодоотделительной машине. Так по рассматриваемому способу происходит срезка плодоносящих ветвей, в результате чего на следующий год на дереве отрастают плодоносящие ветви, т.е. плодоношение периодичное. К основным достоинствам данного способа относят высокую производительность труда при сборе плодов; возможность использования различных систем возделывания; получение дополнительной продукции в виде листа и древесины, используемых в пищевой промышленности. К недостаткам рассматриваемого способа относят необходимость наличия мощного холодильного оборудования для заморозки ветвей и плодоношение 1 раз в 2 года. Обязательное условие реализации уборки путём среза ветвей – формирование кроны [2].

На основе анализа вышеперечисленных способов уборки плодов облепихи в Студенческом конструкторском бюро АлтГТУ принято решение о разработке машины для реализации способа уборки облепихи срезанием плодоносящих веток. Проведены опытно-конструкторские работы, в результате которых была разработана уборочная машина-контейнеровоз для сбора и транспортировки плодов облепихи, представленная на рисунке. Машина агрегатируется с колёсным трактором тягового класса 1,4. Для облегчения загрузки/выгрузки контейнеров машина оснащена четырьмя тележками на роликовых опорах и подъёмной аппаратурой, которая в нерабочем положении жёстко фиксируется к раме. В качестве опоры предлагается использовать два колеса с индексом нагрузки 104, закреплённых на ступицах, применяемых на тракторном прицепе 2ПТС-4. Ступицы крепятся на осях, которые жёстко закреплены на раме.

Машина оснащается компрессором с приводом от ВОМ производительностью до 500 л/мин и шестью пневмосекраторах потребляемым расходом воздуха до 80 л/мин; четырьмя контейнерами ИВОХ 1,4x1,0x0,7. Количество обслуживающего персонала – 6 человек, которые располагаются на четырёх боковых платформах.



1 – рама; 2 – опорное колесо; 3 – контейнер; 4 – тележка; 5 – аппарат; 6 – дышло;  
7 – подъемная платформа

Рисунок – Виртуальная 3D-модель уборочной машины-контейнеровоза для сбора плодов облепихи

Машина работает следующим образом: контейнеровоз агрегатируют с трактором и начинают проходить в междурядьях шириной до 4 метров. Одновременно с этим обслуживающий персонал в количестве 6 человек с помощью пневмосекаторов срезает плодоносящие ветви и помещает их в контейнеры. При заполнении контейнеров контейнеровоз транспортируется к месту выгрузки. Благодаря наличию тележек на роликовых опорах и аппарели облегчается выгрузка контейнеров и снижается вероятность травмирования плодов. Грузоподъемность контейнеровоза составляет 1,8 т. За счёт низкой посадки облегчается выполнение технологического процесса сборки плодов.

Таким образом, на основании анализа способов уборки плодов облепихи и по результатам ОКР была выполнена пространственная модель в системе КОМПАС-3D уборочной машины-контейнеровоза для сбора плодов облепихи, разработана конструкторская документация. Была подсчитана примерная стоимость изделия на февраль 2022 года, в которую вошли цена проката труб и цена на покупные изделия (шины, диски, ступицы, контейнеры и ролики). Разработанная машина может быть использована в крупных и средних садовых хозяйствах для сбора плодов облепихи, а также для транспортировки различных грузов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Облепиха/А.Д. Букштынов, Т.Т. Трофимов, Б.С. Ермаков и др.- Москва: Лесная промышленность, 1978. 192 с.
2. Хабаров С.Н., Канарский А.А. Механизированная уборка урожая облепихи как основа индустриального садоводства на юге Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т.30. №11. С. 63-65.

## К ОБОСНОВАНИЮ ПАРАМЕТРОВ ИНЪЕКЦИОННОГО КОЛЕСА ЛИКВИЛАЙЗЕРА

Миллер Алексей Викторович, магистрант кафедры «Наземные транспортно-технологические системы», e-mail:miller.97@list.ru

Научный руководитель – Сороченко Сергей Федорович, д.т.н., профессор,  
e-mail:sorochenkosf@list.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Описан принцип работы ликвилайзера. Приведена расчетная схема рабочего органа ликвилайзера (инъекционное колесо). Выявлена зависимость угла вхождения иглы в почву от диаметра колеса. Полученные формулы послужат основой для обоснования выбора рациональных параметров и режимов работы ликвилайзера.*

**Ключевые слова:** ликвилайзер, жидкие удобрения, инъекционное колесо, инжекторная игла, сила сопротивления почвы, внутривпочвенное, точечное

Одним из направлений повышения урожайности зерновых культур является применение жидких удобрений, причем наиболее перспективным способом является внутривпочвенное точечное внесение жидких удобрений, по которому питательные вещества поступают непосредственно к корню сельскохозяйственного растения, уменьшая как вероятность его механического повреждения, так и расход удобрения. Машина для точечного внесения жидких удобрений называется ликвилайзером [1-3]. Поэтому исследования, направленные на обоснование параметров рабочего органа ликвилайзера (инъекционного колеса), актуальны.

**Целью работы** является определение конструктивных параметров рабочего органа ликвилайзера.

Инъекционное колесо содержит инжекторные иглы, закрепленные на обечайке, диск и ступицу. Игла представляет собой прямолинейный стержень. Его форма в средней части – цилиндрическая, а нижняя чаще всего коническая. Инъекционное колесо движется в продольно вертикальной плоскости и вращается вокруг горизонтальной оси [4].

Рассмотрим сопротивление почвы при входе иглы ликвилайзера в почву. Обозначим внешний диаметр инъекционного колеса  $D$ , длину иглы  $h$  (рисунок 1), тогда диаметр обечайки, на которую устанавливаются иглы, определяется:

$$d = D - 2h. \quad (1)$$

Заметим, что длина иглы  $h$  определяет глубину внесения жидкого удобрения в почву. Центральный угол установки игл  $\alpha$  зависит от количества  $z$  игл в инъекционном колесе

$$\alpha = \frac{2\pi}{z}. \quad (2)$$

Так как инъекционное колесо катится по почве без проскальзывания, то вхождение иглы в почву будет происходить под некоторым углом, что предопределяет повышенную нагрузку на иглу и на обечайку. Происходит вдавливание иглы в почву, при этом на иглу действует момент сопротивления:

$$M_1 = Fa, \quad (3)$$

где  $F$  – сила сопротивления почвы, зависящая от угла наклона иглы и уровня почвы;  
 $a$  – плечо.

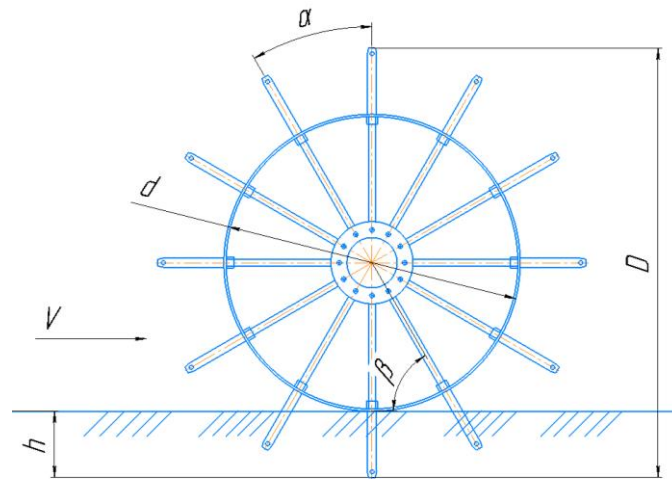


Рисунок 1 – Расчетная схема

При установке игл радиально получим угол вхождения иглы в почву  $\beta$ :

$$\beta = \arcsin \frac{R-h}{R} = \arcsin \left(1 - \frac{h}{R}\right), \quad (4)$$

где  $R$  – радиус инъекционного колеса.

Из формулы (4) следует, что при увеличении радиуса  $R$  при неизменной длине иглы  $h$  угол  $\beta$  увеличивается, игла входит в почву ближе к вертикальной линии, следовательно, условия входа в почву улучшаются. На рисунке 3 приведен график зависимости  $\beta = f(R)$  при разной длине игл  $h$ .

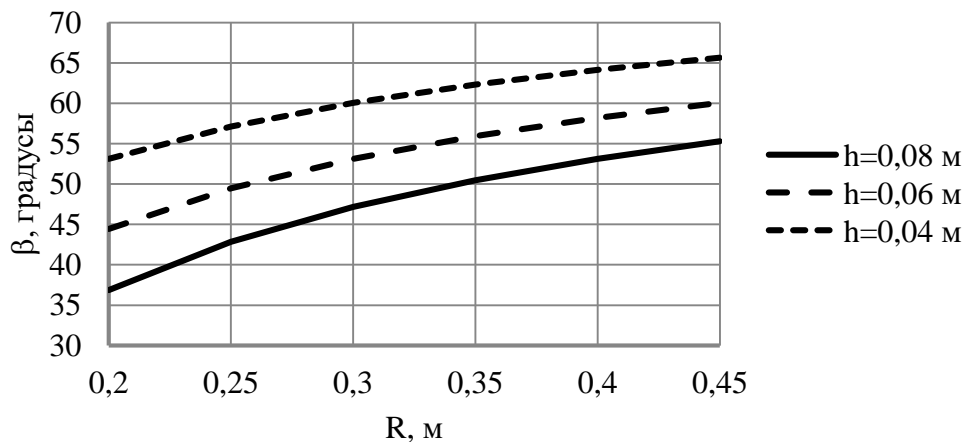


Рисунок 3 – График зависимости  $\beta = f(R)$

Предположим, что нижняя часть иглы выполнена сферической с радиусом  $r_i = \frac{d_i}{2}$  ( $d_i$  – диаметр иглы).

Силу сопротивления  $F$  определим по формуле [5]:

$$F = C\rho \frac{v_h^2}{2} S, \quad (5)$$

где  $C$  – коэффициент сопротивления формы;

$\rho$  – плотность почвы,  $\text{кг/м}^3$ ;

$v_h$  – скорость движения иглы в почве,  $\text{м/с}$ ;

$S$  – площадь проекции иглы на плоскость, перпендикулярную к направлению её движения.

Коэффициент сопротивления формы, определяется эмпирически, он зависит от числа Рейнольдса, для  $Re < 0,4$   $C = \frac{24}{Re}$ .

Уточним число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\rho v_h D_r}{\eta}, \quad (6)$$

где  $D_r$  – гидравлический диаметр иглы, мм;

$\eta$  – динамическая вязкость среды, Па·с.

Учитывая, что инъекционное колесо не проскальзывает в почве, определим среднюю скорость иглы при её движении в почве:

$$v_h = \frac{h}{t_h}, \quad (7)$$

где  $t_h$  – время, прошедшее от момента соприкосновения иглы с почвой до её полного погружения:

$$t_h = \frac{\frac{\pi}{2} - \beta}{\omega}, \quad (8)$$

здесь  $\omega$  – угловая скорость вращения инъекционного колеса:

$$\omega = \frac{2\pi}{t_0} = \frac{2\pi v_m}{\pi d} = \frac{2v_m}{d} = \frac{v_m}{r}, \quad (9)$$

где  $t_0$  – время одного оборота инъекционного колеса, при этом машина проходит путь:

$$S = \pi d. \quad (10)$$

Отсюда время:

$$t_h = \frac{\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)r}{v_m}, \quad (11)$$

где  $r$  – радиус обечайки инъекционного колеса;

$v_m$  – рабочая скорость ликвилайзера.

В дальнейшем исследовании необходимо определить силу сопротивления почвы  $F$ . Полученные формулы послужат основой для обоснования выбора рациональных параметров и режимов работы ликвилайзера.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беляев В.И. Современная техника и информационные технологии в земледелии / В. И. Беляев / Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – № 8 (166). – С. 158–162. – ISSN 1996- 4277.
2. Прокопчук Р.Е. Точная инъекция жидких минеральных удобрений / Р.Е. Прокопчук, В.И. Беляев, В.В. Щербинин / Аграрная наука – сельскому хозяйству: сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции. В 2-х книгах. Книга 2. – Барнаул: Изд-во Алтайский государственный аграрный университет, 2021. – С. 11–13. – ISBN 978-5-94485-338-7.
3. Кравчук В.О качении дисков игольчатой бороны при перемещении по поверхности почвы /В. Кравчук, Г. Хайлис, В.Шевчук. Техніка і технології АПК. – 2011. – №10. – С. 23-25.
4. Растениепитатель (подкормщик, аппликатор) «ЛИКВИЛАЙРУС» (Инъекционное колесо), ООО «АГРИСТО». URL: <https://agrisko.ru> (дата обращения 01.04.2022)
5. Теория, конструкция и расчет сельскохозяйственных машин /Под ред. Е.С. Босого. – Москва, Машиностроение, 1978.



## АПРОБАЦИЯ МЕТОДА ДЕТОНАЦИОННО-ГАЗОВОГО НАПЫЛЕНИЯ АНТИКАВИТАЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА «МОКРОЙ» ГИЛЬЗЕ ДИЗЕЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ

Терехов Александр Константинович, магистрант кафедры «Наземные транспортно-технологические системы», e-mail:sanyaterehov01@mail.ru

Научный руководитель – Яковлев Владимир Иванович, к.т.н., доцент, e-mail:anicpt@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Проведён анализ литературных источников, определены факторы, влияющие на кавитационное изнашивание гильзы цилиндра дизельного двигателя. Рассмотрены методы борьбы с возникновением кавитации в жидкой среде системы охлаждения двигателя. Предложен способ формирования на наружной поверхности гильзы антикавитационного покрытия, проанализированы его предполагаемые характеристики и места нанесения.*

**Ключевые слова:** кавитация, износ, гильза, дизельный двигатель, антикавитационное покрытие.

В результате кавитационного изнашивания от 10 до 12 % отказов дизельных двигателей приходится на долю гильзы. Проанализировав примеры кавитационного изнашивания гильз цилиндров дизельных двигателей, можно сделать вывод, что наиболее частое появление отдельных каверн или их цепочек, на наружной поверхности гильзы, возникает в её верхней и нижней части (при «перекладке» поршня в верхней мертвой точке и нижней мертвой точке соответственно), в плоскости качания шатуна. Во время работы двигателя внутри цилиндра возникают силы давления газов на цилиндро - поршневую группу, которые фактически являются ударом, вследствие этого возникают импульсы с частотой 7-8 кГц, достигающие величины 10-15 бар, что вызывает вибрации гильзы цилиндра и ведёт к возникновению, на её наружной поверхности, кавитации.



Рисунок 1 – Гильза цилиндра дизельного двигателя, подвергшаяся воздействию кавитационной эрозии

Сегодня известно множество методов борьбы с кавитационной эрозией. К их числу можно отнести: изменение режимов работы дизельного двигателя, изменение его конструкции, применение более высокопрочных, и соответственно более дорогостоящих, материалов для изготовления деталей двигателя. Однако зачастую, данные методы могут быть неприменимы в силу специфики технологического процесса изготовления деталей, либо условий работы дизельного двигателя.

На сегодняшний день, наружные поверхности гильз цилиндров дизельных двигателей практически не ремонтируют, так как известные способы их восстановления не обеспечивают приемлемой износостойкости. В связи с этим, разработка антикавитационного покрытия и способа его нанесения на наружной поверхности гильз цилиндров является актуальной задачей.

Для предотвращения возникновения кавитационной эрозии предлагается, на поверхность, которая подвергается кавитационному изнашиванию, методом напыления нанести слой защитного антикавитационного покрытия. При реализации данного способа появляется возможность избежать применения дорогостоящих материалов для изготовления деталей двигателя, а также не придётся менять условия работы технологического оборудования.

Главным образом, на свойства защитного антикавитационного покрытия будет влиять выбор напыляемого материала. Так, для определения влияния кавитационного изнашивания на образцы с нанесенным покрытием из различных материалов, были проведены следующие исследования.

Две гильзы, на одну из которых был напылён композиционный порошок ПГ-СРЗ, на другую керамика  $Al_2O_3$ , проходили испытания на экспериментальном стенде. После ускоренных испытаний на стенде, в течении 8 тыс. моточасов, на поверхности гильзы с керамическим покрытием были обнаружены повреждения, связанные с воздействием кавитационной эрозии (рисунок 2, слева). Напротив, покрытие из никелевого порошка ПГ-СРЗ выдержало испытание, на его поверхности не было обнаружено следов кавитационного изнашивания (рисунок 2, справа).

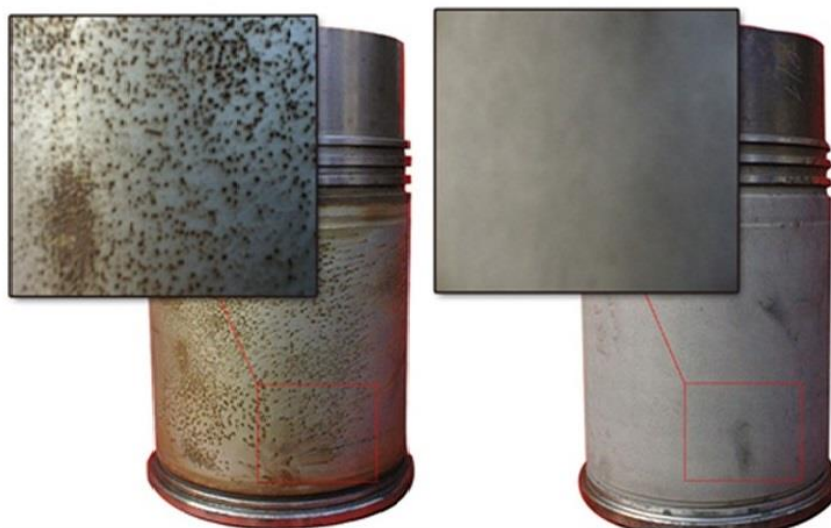


Рисунок 2 – Гильза дизельного двигателя с напылённым антикавитационным покрытием

Из опыта применения антикавитационных покрытий можно сделать вывод, что эффективная толщина наносимого антикавитационного покрытия должна быть в пределах 0,1 – 0,3 мм. С другой стороны, если толщина наносимого покрытия будет больше 0,3 мм, то это может повлечь за собой изменение размеров гильзы цилиндра (её посадочного размера в блок). Исходя из этого можно сделать вывод, что антикавитационное покрытие нужно наносить композиционным порошком ПГ-СРЗ на наиболее подверженные кавитационному износу участки гильзы, а именно её верхнюю и нижнюю части.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хамсин А.М. Кавитационная стойкость гильз цилиндров высокофорсированных дизелей / Б.П. Загородских, А.А. Симдянкин, А.М. Хамсин // Нива Поволжья. - 2009.
2. Хамсин А.М. Оценка факторов, влияющих на кавитационную стойкость гильз цилиндров / Б.П. Загородских, А.А. Симдянкин, А.М. Хамсин // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. - 2010.
3. Собачкин А.В. (аспирант), Татаркин М.Е., Яковлев В.И., Износостойкие покрытия из композиционных СВС-материалов, полученные газодетонационным и электродуговым способами / Горизонты образования. Научно-образовательный журнал АлтГТУ, выпуск 14.

## СЕКЦИЯ «СПЕЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ»

### ПОДСЕКЦИЯ «ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ»

#### ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ЭКСЦЕНТРИКОВЫЙ ВАЛ» НА ФРЕЗЕРНЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРАХ

Афанасьева Алена Евгеньевна, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail:alena.afanaseva.1999@inbox.ru

Научный руководитель – Черданцев Павел Олегович, к.т.н., доцент кафедры «Технология  
машиностроения», e-mail:p004092@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Определение эксцентricности детали. Обработка деталей типа «эксцентрикoвый вал». Обоснование и актуальность темы исследования. Удобство обработки деталей, имеющих дисбаланс. Точность обработки поверхностей, а именно обеспечение точности формы. Возможности обработки современных обрабатывающих центров. Наладка оснастки и выбор режима резания. Постановка цели и задач исследования.*

**Ключевые слова:** Эксцентрикoвые детали, обработка деталей фрезерованием, точность формы, фрезерные обрабатывающие центры, технологическая операция, металлообработка.

Обработка эксцентрикoвых деталей – сложный процесс металлообработки.

Эксцентрикoвыми называются детали, имеющие цилиндрические наружные или внутренние поверхности, оси которых параллельны и смещены друг относительно друга на определенное расстояние (эксцентриситет) (Рисунок 1). Методы обработки таких деталей выбирают в зависимости от их размеров и величины партии.

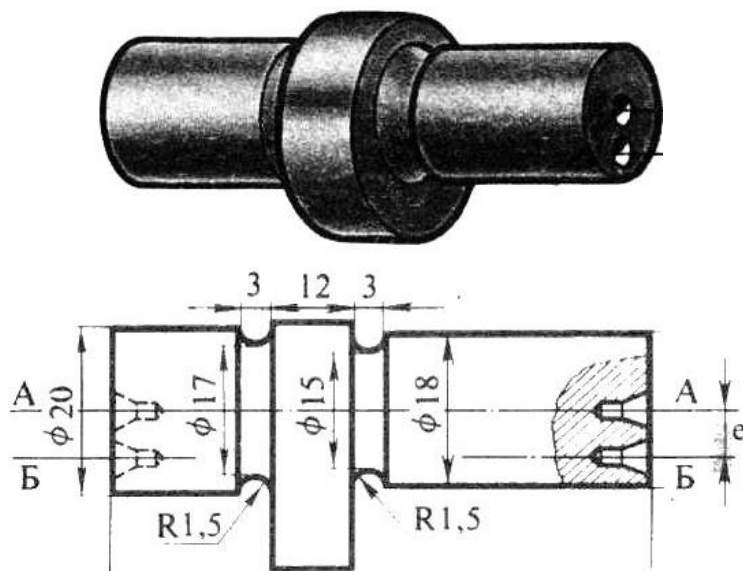


Рисунок 1 – Пример эксцентрикoвой детали

Обтачивание и шлифование образующих поверхностей являются самыми трудозатратными операциями «классического» технологического процесса изготовления эксцентрикoвых валов. Для установки валов требуется специальная оснастка [1]. При обработке эксцентрикoвых деталей важно обеспечить технологические требования к цилиндричности обрабатываемой поверхности, параллельности осей и расстоянию между ними.

Расширение технологических возможностей современных обрабатывающих центров с ЧПУ в сравнении с универсальными станками позволяет упростить изготовление эксцентрикoвых деталей, заменив точение поверхности эксцентрика его фрезерованием [2]. В первую

очередь, такой подход реализуем на токарных станках с приводным инструментом, на 5-координатных фрезерных обрабатывающих центрах (рисунок 2).



Рисунок 2 – Пример фрезерного 5-координатного станка

Один из наиболее перспективных вариантов фрезерования эксцентриковых поверхностей валов получил название «ротационное фрезерование». При такой способе обработки фреза устанавливается так, чтобы её ось скрещивалась с осью обрабатываемой поверхности. Фрезе сообщают вращение вокруг собственной оси, также обеспечивается возможность её поступательного перемещения вдоль своей оси и вдоль обрабатываемой поверхности.

Особенно такой способ обработки актуален для деталей, массы которых неуравновешенны (например, детали типа коленчатых и эксцентриковых валов) [3]. При токарной обработке им невозможно сообщить большую частоту вращения из-за возникающих динамических нагрузок. При ротационном фрезеровании высокие скорости сообщаются инструменту, а деталь перемещается медленно с угловой скоростью, соответствующей величине подачи.

При ротационном фрезеровании существенное влияние на точность формы обработанной поверхности оказывают конструктивно-геометрические параметры фрезы, взаимное расположение фрезы и заготовки. Однако научно обоснованные рекомендации по проектированию технологических наладок для описанного способа обработки эксцентриковых поверхностей валов отсутствуют.

Цель исследования, исходя из сказанного выше, поставлена следующим образом: обеспечение требований к точности формы эксцентриковой поверхности вала, обрабатываемой ротационным фрезерованием, путём управления конструктивно-геометрическими параметрами режущего инструмента и параметрами технологической операции.

Для её достижения необходимо разработать и проверить на адекватность модель процесса ротационного фрезерования; установить зависимость величины отклонения от цилиндричности обработанной поверхности от параметров режущего инструмента и технологической операции; разработать методики проектирования технологической операции, позволяющей обеспечить заданные параметры точности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Виноградов Д.В. Высокопроизводительная обработка металлов резанием. М.: Издательство «Полиграфия», 2003. – 301 с.:ил.

2. «Точение фрезерованием», статья журнала «Высокие технологии», <https://vys-tech.ru/2018/02/06/tochenie-frezerovaniem/>
3. Статья журнала «Твердый сплав», <https://tverdysplav.ru/kak-tokarnoe-frezerovanie-mozhet-povysit-effektivnost-rezaniya/>

## УЛУЧШЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ШЕРОХОВАТОСТИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ИМЕЮЩИХ СЛОЖНЫЙ ПРОФИЛЬ

Банников Никита Олегович, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail: bannikov-nik97@mail.ru

Научный руководитель – Иконников Алексей Михайлович, к.т.н., доцент,  
e-mail: iamagtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье кратко рассмотрены факторы, влияющие на улучшение качества поверхности шероховатости. В статье изложен комплекс работ, направленных на изучение как теоретических, так и практических исследований, которые остаются актуальными в современных экономических условиях. Данные исследования сконцентрированы на увеличении эффективности обработки деталей, а также произведен анализ способов обеспечения качества.*

**Ключевые слова:** шероховатость поверхности, остаточные гребешки, обработка поверхности, подача, резец, скорость резания, нарост, металлорежущий инструмент, жесткость технологической системы, качество поверхности.

В современном мире важное внимание уделяется возможности контроля качества обрабатываемой поверхности детали, а также возможности ее повышения. К каждой поверхности детали в той или иной степени предъявляются определенные требования. Целью данных требований является обеспечение необходимых функциональных свойств поверхности и его числовыми величинами, значение которых может предоставить надлежащие прочностные характеристики. В целом в машиностроении необходимое качество деталей характеризуется показателем соответствия размеров, погрешности формы, взаимобразного положения компонентов деталей в том числе и показателем параметров шероховатости поверхности [1].

Целью представленного в статье исследования является изучение факторов, влияющих на процесс образования шероховатости для повышения качества поверхности.

Для достижения цели ставится задача определения величины малых остаточных гребешков, которые образуются в процессе обработки поверхности заготовки или детали, а также зависимость высоты данных неровностей от величины подачи и геометрии резца. Под геометрией резца подразумевается радиус при вершине главного и вспомогательного углов.

При обработке многолезвийным инструментом шероховатость поверхности в большей мере зависит от скорости резания и подачи. При обтачивании заготовки на низких скоростях наблюдается наибольшая шероховатость, что связано с образованием нароста на передней кромке резца. При увеличении скорости резания образования нароста на передней кромке практически не наблюдается и происходит процесс уменьшения глубины пластически деформированного слоя, что благоприятно влияет на шероховатость поверхности [2].

Большое влияние на образование поверхностного слоя оказывает состояние металлорежущего инструмента. Износ и затупление металлорежущего режущего инструмента будет сопутствовать увеличению трения задней поверхности данного инструмента, что в свою очередь способствует образованию остаточных напряжений. Поэтому если состояние режущих кромок будет не удовлетворительным, то это обязательно приведет к увеличению шероховатости. Изменение жесткости в различных плоскостях заготовки, зависит от критерий ее закрепления. Например, при консольном закреплении детали вращения шероховатость поверхности будет увеличиваться ближе к концу детали, а при обработке в центрах, при условии, что задавать движение вращения будет задний центр, шероховатость поверхности будет

увеличиваться от заднего центра. Нехватка жесткости технологической системы так же может быть причиной повышенной волнистости поверхностного слоя детали. При правильном выборе смазочно-охлаждающей жидкости, также можно уменьшить шероховатость поверхности, более того возможно повышение стойкостных характеристик инструмента [3].

Таким образом, исследование факторов, влияющих на процесс образования и улучшения параметров качества шероховатости имеет большое значение, особенно при обработке сложно профильных поверхностей. Зная влияние данных факторов образования шероховатости поверхностного слоя, мы сможем создать условия для получения деталей нужного качества.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Демкин Н.Б., Рыжов Э.В. Качество поверхности и контакт деталей машин.-М.: Машиностроение, 1981. - 144 с.
2. Косилова А.Г., Мещерякова Р.К. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Т. 1. Москва, Машиностроение, 1985. 655 с.
3. Филимонов Л.Н., Бабошкин А.Ф. О неоднородности шероховатости обработанных поверхностей деталей машин // Повышение качества изготовления изделий в машиностроении: Сб. научн. тр. Л: ЛПИ, 1990. - С. 49-53.

#### РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ САМ-СИСТЕМЫ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ШНЕК» С ПЕРЕМЕННЫМ ПРОФИЛЕМ СЕЧЕНИЯ КАНАВКИ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

Долгова Фаина Федоровна, студент кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail:fd\_mail@list.ru

Научный руководитель - Черданцев Алексей Олегович, инженер кафедры  
«Технология машиностроения», e-mail:hypertigr@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены подходы к получению винтовых поверхностей. Проведен анализ существующих САМ-систем. Разработан алгоритм расчета траектории обработки и описана последовательность формирования управляющей программы.*

**Ключевые слова:** винтовые поверхности, САМ-системы, интерполяция, обработка на станках с ЧПУ.

На сегодняшний день детали типа шнек используются в достаточно широком спектре различных изделий: например шнековые насосы, экструдеры, транспортеры. Большинство поверхностей деталей типа шнек не имеет технологических сложностей в изготовлении на токарном оборудовании [1]. Даже винтовая поверхность может быть обработана при условии согласованного движения подачи и вращения шпинделя. Сегодня станки с ЧПУ активно вытесняют универсальные винторезные станки. Для выполнения операций механической обработки требуется описать движения рабочих органов станка в виде управляющей программы. Имеющиеся сегодня САМ-системы хорошо справляются с решением задачи создания управляющих программ обработки винтовых канавок постоянного сечения для токарного оборудования. Задача составления программ для обработки винтовых канавок с произвольно изменяющимся переменным сечением сегодня успешно решается для ротационного фрезерования на многоцелевых обрабатывающих центрах. Однако задача создания управляющих программ для обработки плавно меняющих свой профиль винтовых канавок на токарном оборудовании с ЧПУ проработана недостаточно.

Нами разработан алгоритм расчета исходных и конечных точек в кадрах управляющей программы. Начальный и конечный профиль канавки шнека описываются в виде трапеции. Задаются высота трапеции, длины оснований и положения трапеций. Обработка делится на черновой этап и чистовой этап.



Рисунок 1 - Исходная и конечная форма профиля канавки шнека в виде трапеций

В ходе расчетов проводится двукратное интерполирование. На первом этапе с помощью интерполяции находятся крайние точки горизонтальных отрезков, а на втором этапе внутри полученных отрезков уже находятся точки для задания рабочих ходов. Важным моментом является обязательная синхронизация в момент начала движения подачи с прохождением нуля метки шпинделя. Так же для того чтобы движение рабочего хода заканчивалось в одной и той же фазе поворота шпинделя рассчитывается подача в каждом кадре чтобы рабочее движение совершалось за одно и то же время.

На рисунке два приведен предварительный вид экранной формы.

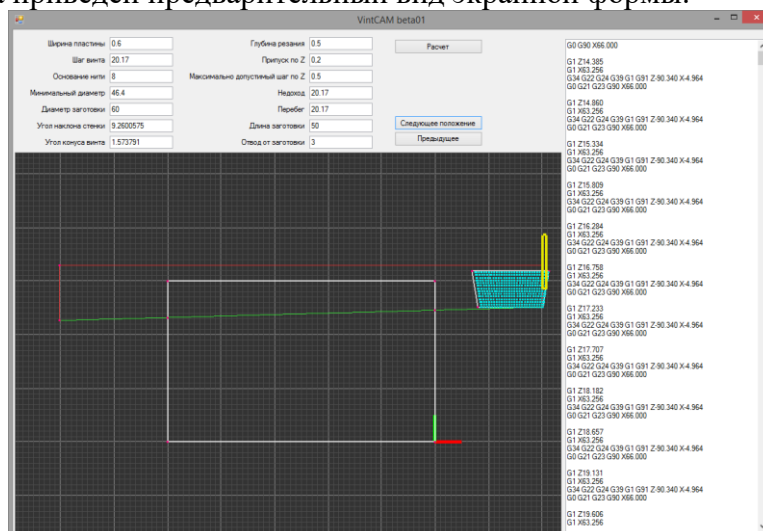


Рисунок 2 – Интерфейс системы VintCAM

Разрабатываемая САМ-система позволит создавать управляющие программы для обработки деталей типа шнек с переменным профилем канавок на токарном оборудовании.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Виноградов Д.В. Высокопроизводительная обработка металлов резанием. М.: Издательство «Полиграфія», 2003. – 301 с.

## ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЕ НА 5-КООРДИНАТНЫХ МНОГОЦЕЛЕВЫХ СТАНКАХ

Животикова Оксана Евгеньевна, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail:zhivotikova@outlook.com

Научный руководитель – Черданцев Павел Олегович, к.т.н., e-mail:p004092@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены перспективы реализации обработки зубчатых колёс на 5-координатных многоцелевых станках (обрабатывающих центрах). Обозначены задачи, решение которых необходимо для успешной реализации зубофрезерования на обрабатывающих центрах. Приведено описание технологической наладки.*

**Ключевые слова:** зубофрезерование, обрабатывающий центр, 5-координатный многоцелевой станок, технологическая наладка

Одной из основных тенденций современного машиностроения является концентрация различных операций, которые выполняются на одной единице оборудования. Прежде всего речь о 4- и 5-координатных многоцелевых станках (обрабатывающих центрах), доля которых на предприятиях машиностроительного комплекса стабильно увеличивается. На таком оборудовании за один установ могут быть выполнены операции точения и фрезерования. При обработке малых партий деталей это является важным преимуществом перед традиционным подходом.

Однако в конструкции большинства машин и механизмов, таких как металлообрабатывающие станки, кузнечнопрессовое оборудование, подъёмно-транспортные машины, энергоустановки, приборы входят зубчатые передачи. Традиционно для нарезания зубчатых колёс используют специализированные станки. В частности, при одном из наиболее производительном способе обработки зубчатых колёс – зубофрезеровании – используются зубофрезерные станки. В этих станках формирование зубьев с эвольвентным профилем обеспечивается механически согласованным движением заготовки и режущего инструмента – червячной фрезы.

Для реализации обработки зубчатых колёс методом обката на 5-координатных многоцелевых станках необходимо решить следующие задачи:

1. Анализ наладки при классическом зубофрезеровании.
2. Математически описать кинематику процесса резания.
3. Разработать наладку для обрабатывающего центра, обеспечивающую взаимное позиционирование заготовки и червячной фрезы согласно расчётам.
4. Составить управляющую программу.
5. Анализ и/или корректировка результатов исследования.
6. Оформление результатов в виде методических рекомендаций по проектированию зубофрезерной операции на обрабатывающих центрах.

При зубофрезеровании на обрабатывающих центрах предполагается, что инструмент устанавливается в шпиндель и вращается вокруг оси Z станка. Его положение относительно заготовки описывается координатами X, Y и Z станка. Заготовка устанавливается на поворотный стол с помощью оправки. Её положение относительно фрезы, учитывающее угол наклона канавок фрезы, обеспечивается осью A станка. Посредством оси C задаётся вращение заготовки, по частоте согласованное с частотой вращения фрезы. Таким образом воспроизводится кинематика зубофрезерного станка. На рисунке 1 представлена технологическая наладка для зубофрезерной операции на 5-координатном станке VMC-750, спроектированная с учётом рекомендаций [1].





Рисунок 1 – Пример технологической наладки для зубофрезерной операции на 5-координатном станке VMC-750

Таким образом, в случае успешного решения указанных выше задач можно применять обрабатывающие центры для обработки зубчатых венцов колёс в условиях единичного и мелкосерийного производства, обеспечивая положительный экономический эффект за счёт отказа от использования зубофрезерных станков.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сильвестров Б.Н. Справочник молодого зуборезчика. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1988 – 320 с.

#### ЗАВИСИМОСТЬ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК И ГИДРОПЛОТНОСТИ ПЛУНЖЕРНЫХ ПАР ТОПЛИВНЫХ НАСОСОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Зюзин Денис Игоревич, магистрант кафедры «Технологии машиностроения»,  
e-mail:denis.physic96@gmail.com

Научный руководитель – Буканова Ирина Сергеевна, к.т.н., доцент, e-mail:ir-bis68@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Гидроплотность точно определяется на испытаниях по отдельности, которые вызывают нужду в новых приспособлениях. В топливных насосах в процессе эксплуатации нарушается равномерность подачи топлива, сменяется угол опережения впрыска, ухудшаются показатели рабочего процесса в цилиндрах. По этой причине появляется необходимость регулировки топливных насосов высокого давления, что усложняет техническую эксплуатацию.*

**Ключевые слова:** гидроплотность, плунжерные пары, топливные насосы высокого давления, геометрические характеристики, допуска, работоспособность.

Под гидроплотностью плунжерной пары понимают время передвижения плунжера под воздействием груза постоянной величины по определенному пути. Время этого передвижения указываются в характеристиках насосов. Уменьшение гидроплотности плунжер-

ных пар снижает равномерность подачи топлива по цилиндрам, происходит запаздывание момента начала впрыска.

В настоящее время для определения гидроплотности плунжерных пар на самом двигателе существует достаточное количество. Но минус многих способов - гидроплотность оценивается приблизительно. Гидроплотность точно определяется на испытаниях по отдельности, которые вызывают нужду в новых приспособлениях.

Хотя, гидроплотность не единственный критерий работоспособности плунжерных пар, исследования данного вопроса показали, что гидроплотность плунжерных пар зависит от максимального износа. Гидроплотность позволяет определить характер износа. Примером оценки гидроплотности - время падения в надплунжерной полости отведенный промежуток времени. Но так, как плунжерные пары с невысокой гидроплотности имеют разброс показаний цикловой подачи, то состояние определить невозможно.

Много факторов оказывают влияние на точность измерения гидроплотности, которые в свою очередь считаются первопричиной попадания по ошибке в брак плунжерной пары.

Цель исследования этого вопроса – двигателестроение, а точнее диагностика плунжерных пар. Проверка гидроплотности плунжерных пар.

От корректности исполнения поверхности зависит работа всего механизма. Инструментальная обработка совершается с первого раза и в условиях производства стараются соблюдать все геометрические параметры в пределах допуска. Обновление или доводка таких поверхностей достаточно проблематичная работа и от уровня совершенства поверхности зависит дальнейшая жизнь втулки.

Исследование в этой сфере и дальнейшие разработки приспособления для контроля гидроплотности относятся к двигателестроению, испытания топливной аппаратуры ДВС, также и для диагностики плунжерной пары топливновпрыскивающих насосов дизеля. Целью исследования является повышение точности и меры сопоставимости результатов проверки гидроплотности плунжерной пары.

Итоговая цель настоящей работы является разработка метода и средства, обеспечивающих повышение точности определения гидроплотности плунжерных пар.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Доброхотов Ю.Н. Мертвый ход плунжера как диагностический параметр топливных насосов распределительного типа / Ю.В. Иванчиков, А.О. Васильев, Р.В. Андреев // Вестник Казанского ГАУ. № 4.– Казань – 2017, с. 78-83.

2. Иванов В.А. Концепция ремонта плунжерных пар топливной аппаратуры / В.А. Иванов // Международный технико-экономический журнал. –2010. – № 5- С.69-72.

#### АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЯ

Краснопольский Станислав Викторович, магистрант кафедры «Технология машиностроения», e-mail:fint\_stas@mail.ru

Научный руководитель – Маркова Маргарита Ивановна, к.т.н., доцент,  
e-mail:margarita-markova@inbox.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье кратко изложены материалы о проверке технологической дисциплины контрольно-измерительного инструмента и выпуске альбомов рабочего инструмента, и контрольно-измерительного инструмента. О необходимости разработки автоматизированной программы для упрощения операции контроля технологического процесса.*

**Ключевые слова:** технологический процесс, технологическая инструкция, маршрутная карта, операционная карта, контрольно-измерительный инструмент, производственный брак, условный брак, окончательный брак.

В современных условиях производства проверка технологической дисциплины является одной из самых важнейших частей производственного процесса. На предприятии ответственным лицом за разработку и оформление назначен инженер-технолог, входящий в отдел главного технолога. Помимо этого, одной из основных обязанностей инженера-технолога является выпуск альбомов рабочего инструмента, контрольно-измерительного инструмента, альбомов измерительного на рабочий инструмент [1].

Технологический процесс – это система взаимосвязанных действий, выполняющихся с момента возникновения исходных данных до получения нужного результата: часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда [2].

Технологический процесс на изделие, выпускаемое на предприятии, заводе-изготовителе, постоянно дополняется и обновляется. Документация, связанная с технологическим процессом:

1. технологическая инструкция – это документ, устанавливающий требования к процессам изготовления, хранения продукции. Технологическую инструкцию разрабатывают для конкретного вида продукции;

2. маршрутная карта – это документ, в котором подробно в определенной последовательности описаны технологические операции, процессы производства, и сборки;

3. операционная карта – документ, который содержит в себе описание поэтапное выполнение конкретного технологического процесса [2].

Данная документация находится в непосредственном ведении инженера-технолога.

Альбом контрольно-измерительного инструмента представляет собой комплект графических документов, содержащих изображение инженерного объекта – контрольно-измерительного инструмента: детали, сборочной единицы, изделия в целом, а также нормативной документации: спецификации на изделие.

После разработки альбома контрольно-измерительного инструмента инженером-технологом, альбом поступает на проверку к нормоконтролеру, который проверяет оформление документов на соответствие ГОСТам и правилам, далее к главному технологу, который заверяет документы своей подписью. После этого, составляется служебная записка – информационно-справочный документ, используемый для обмена информацией между структурными подразделениями организации и работниками, которая содержит сведения о передаче альбома в стадию производства.

Контрольно-измерительный инструмент – средство измерения, предназначенное для получения значений измеряемой физической величины в установленном диапазоне.

После изготовления и поверки, контрольно-измерительный инструмент поступает в цех по производству гильзы, где с его помощью происходит контроль параметров полуфабрикатов различной степени готовности на разных стадиях технологического процесса.

Контроль полуфабрикатов заключается в исключении брака на всех стадиях производственного процесса включающий контроль готового изделия [3,4].

Производственный брак – продукция, отбираемая на стадии производства, не удовлетворяющая установленным требованиям. Выделяют две группы производственного брака:

- условный брак – это продукция, которая после исправления может быть использована по прямому назначению и исправление которой возможно и экономически целесообразно;

- окончательный брак – детали, полуфабрикаты, исправление которых не представляются возможными [3].

Для контроля технологической дисциплины организуется комиссия в состав которой входит: представитель отдела технического контроля цеха, инженер-технолог входящий в состав отдела главного технолога, инженер-технолог цеха. Целью комиссии является текущий контроль производительности линии, следование технологической инструкции, наличие и состояние контрольно-измерительного инструмента, и его поверка в центральной измери-

тельной лаборатории.

Таким образом, для упрощения операции контроля технологического процесса разработана автоматизированная программа – электронная база данных, позволяющая систематизировать и упорядочить контрольно-измерительный инструмент по назначению, обозначению, параметрам контроля, времени поверки, что является основной целью нашего исследования и разработки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кузнецов В.А. Технологические процессы в машиностроении: учебник / В.А. Кузнецов, А.А. Черепяхин. – М.: Академия, 2009.
2. Виноградов В.М. Автоматизация технологических процессов и производств: учеб. пособие / В.М. Виноградов, А. Л. Черепяхин. – М.: Форум, 2014.
3. Суриков В.Н., Буйлов Г.П. Автоматизация технологических процессов и производств: учебно-методическое пособие по курсовому проектированию/ ВШТЭ СПбГУПТД.– СПб., 2017.
4. Технологические процессы машиностроительного производства: учеб, пособие / В.А. Кузнецов [и др.]. – М.: Форум, 2010.

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ЭТАПЕ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Лаврентьев Даниил Евгеньевич, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail: danlav99@mail.ru

Научный руководитель – Щербаков Николай Петрович, к.т.н., доцент, e-mail: olimptm@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Показана актуальность проблемы автоматизации конструкторской подготовки технологических систем. Рассмотрены вопросы снижения трудоемкости и повышения качества проектных решений конструкторского этапа технической подготовки производства за счет использования средств вычислительной техники. Приведены возможные способы автоматизации конструирования методами анализа и синтеза.*

**Ключевые слова:** автоматизация проектирования, приспособления, качество, трудоемкость, синтез, анализ.

Результативность современного производства в области машиностроения зависит от совершенства жизненного цикла технологических систем. Целями этих систем является выполнение в заданных условиях определенных технологических процессов и операций.

При изготовлении деталей в машиностроении большое внимание уделяется стадии технической подготовки, т.к. основная часть себестоимости и трудоемкости определяется разработкой и изготовлением технологической оснастки, в частности - затратами на создание станочных приспособлений.

Техническая подготовка производства разделяется на два этапа:

- конструкторская подготовка, которая включает в себя разработку проектного задания и эскизного проекта; изготовление и испытание опытного образца; разработку технического и рабочего проектов; изготовление и испытание изделий опытных партий; доводку конструкции по результатам испытаний; уточнение рабочего проекта и его оформление;

- технологическая подготовка, представляющая собой совокупность взаимосвязанных процессов, обеспечивающих технологическую готовность предприятия к выпуску изделий заданного качества при установленных сроках, объеме и затратах.

Конструкторская подготовка – это комплекс взаимосвязанных процессов оптимизации структуры и конструирования объекта. Упорядоченное воплощение этих процессов делает возможным разработку и предложение к внедрению наиболее совершенную конструкцию изделия. Задачи конструкторской подготовки находятся в области проектирования и разработки производства новых и улучшения уже производимых конструкций изделий

Показателями эффективности конструкторской подготовки производства выступают:

- снижение себестоимости и затрат времени для осуществления работ по конструкторской подготовке;
- непрерывная модернизация конструкций изделий;
- экономичность проектируемых изделий во всех сферах эксплуатации;
- высокий уровень автоматизации труда конструкторов и вспомогательного персонала конструкторского бюро;
- обеспечение требуемого качества проектных решений по конструированию изделий.

В конструкторской подготовке производства большую роль играет процесс разработки средств технологического оснащения. Важный элемент средств технологического оснащения - технологическая оснастка, крупной составляющей которой являются приспособления для станков. Постоянное изменение объектов производства из-за современных темпов развития технологий требует изготовления эффективных приспособлений, способов их расчета и конструирования, что, в конечном счете, приводит к понижению длительности подготовки производства. Среди всех видов оснастки именно приспособления для станков требуют наибольших затрат по стоимости и трудоемкости при изготовлении. Проектирование технологической оснастки может занимать до 80% общей трудоемкости конструкторской подготовки производства. Себестоимость проектирования оснастки может достигать 5-10% себестоимости производимой продукции.

При подготовке производства различных изделий наблюдается низкая эффективность конструкторских решений, которая выражается в высокой трудоемкости и низком качестве проектирования станочных приспособлений. Значительные сроки проектирования приспособлений приводят к тому, что время их проектирования становится не соизмеримым со временем изготовления деталей, для которых они предназначены. Качество конструкторских проектных решений по приспособлениям, в ряде случаев, не позволяет реализовывать высокотехнологичные методы и приемы их изготовления.

Одним из способов решения данной проблемы и повышения показателей эффективности конструкторской подготовки можно назвать автоматизацию конструкторской подготовки путем использования систем автоматизированного проектирования (САПР). В данной работе в качестве основы для автоматизации конструкторской подготовки производства в части проектирования станочных приспособлений принята САПР «КОМПАС-3D». Преимуществами данной системы являются:

- относительная дешевизна среди аналогов;
- легкость освоения даже для конструкторов без опыта работы с 3D редакторами;
- большое количество библиотек элементов, стандартизированных по ГОСТ;
- отсутствие проблем с ее локализацией;
- широкое распространение;
- гибкие возможности для параметризации объектов.

Автоматизация процесса конструкторской подготовки приспособлений с помощью использования САПР позволит повысить качество проектных решений за счет их оптимизации и исключения ошибок от человеческого фактора, а также снизить трудоемкость работы за счет освобождения специалиста от рутинной работы, вроде проставления одинаковых обозначений на чертежах.

Для реализации автоматизации проектирования методом анализа конструкций приспособлений и их составляющих формируются две базы данных: база данных типовых элементов приспособлений и база данных типовых конструкций станочных приспособлений. По сути, эти базы данных представляют собой множество типовых решений и правил их выбора для конкретной проектной задачи. Этот выбор сформулирован в виде правил продукций «ЕСЛИ - ТО» и представлен в виде элементов экспертной системы, в основе которых лежат таблицы соответствий.

Алгоритм проектирования приспособлений строится либо на принципах синтеза проектных решений (база данных типовых элементов), либо на принципах анализа проектных решений (база данных типовых конструкций приспособлений).

Основным положением метода синтеза приспособлений следует считать утверждение о существовании соответствий между функциями конструкции, задаваемыми входными требованиями, и конструктивными элементами, реализующими эти функции. Процесс синтеза – это накопление информации, отображающее изменения пространственного образа конструкции во времени. Этапы синтеза представляют собой части процесса, соответствующие построению определенных групп элементов приспособлений установочных, направляющих, зажимных, фиксаций и т.д.

Для большинства этапов процесс синтеза реализуется в три стадии [1]. Например, при синтезе установочных элементов на первой стадии из описания обрабатываемой детали выделяется для анализа информация, характеризующая схему базирования этой детали.

На второй стадии происходит выбор схемы установки, которая представляет собой перечень наименований классов установочных элементов, реализующих выбранную схему.

На третьей стадии осуществляется воплощение выбранной схемы установки в виде конструктивно завершенной функциональной группы установочных элементов приспособления.

Аналогичные стадии проводятся также на этапах синтеза функциональных групп зажимных, направляющих, делительных корпусных и других элементов.

Последовательность процессов синтеза приспособлений строится на аналогии с практикой традиционного конструирования. Все работы, проводимые при синтезе конструкции приспособлений можно разбить на две группы. К первой относятся работы по компоновке конструкций, ко второй – проектирование специальных конструктивных элементов [3].

При формализации процессов компоновки конструкций из конструктивных элементов решаются следующие задачи:

- выбор определенных значений из базы по заданным условиям;
- геометрического анализа;
- непосредственного проектирования: определения количества и положения функциональных конструктивных элементов, выделения параметров, от которых зависит возможность использования элементов по ГОСТ.

При проектировании приспособлений методом анализа достаточно описать весь набор типовых решений – конструкций приспособлений, а также условий, при которых может быть применено каждое из них [2]. Тогда процесс выбора (проектирования) сведется к проверке соответствия исходных данных условиям применимости типовых решений. При выполнении всех условий комплекса принимают соответствующую типовую конструкцию, которая в дальнейшем дорабатывается до рабочего варианта конструкции приспособления путем добавления, удаления или изменения элементов конструкции (при необходимости).

Лабораторная апробация методик автоматизированного проектирования станочных приспособлений позволила достичь снижения трудоемкости конструкторской подготовки на 40% - 60%, а также повысить качество принимаемых решений за счет их оптимизации, что в целом позволило считать жизненный цикл технологической системы на этапе конструкторской подготовки производства более совершенным и эффективным.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бристоль Б.Н. Конструирование приспособлений для металлорежущих станков/Б.Н. Бристоль - Москва-Киев: МАШГИЗ, 1959. - 239 с.
2. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов. Учебник для вузов по спец. «Технология машиностроения»/С.Н. Корчак, А.А. Кошин, А.Г. Ракович, Б.И. Сеницын; Под общ. ред. С.Н. Корчака. – М.: Машиностроение, 1988. – 352 с.

3. Тимирязев В.А., Схиртладзе А.Г., Солнышкин Н.П., Дмитриев С.И., Самаркин А.И., Самаркина Е.И. Технология производства и автоматизированное проектирование технологических процессов машиностроения. Учебник / Старый Оскол, 2017. – 368 с.

## МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ РЕЖИМОВ ОБРАБОТКИ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ СВЕРЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ УГЛЕПЛАСТИКА

Левченко Дмитрий Сергеевич, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail:levdimon47@mail.ru

Чернакова Олеся Викторовна, студент кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail:olesya-chernakova@mail.ru

Научный руководитель - Некрасов Вячеслав Николаевич, к.т.н., доцент, e-mail: sla44@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Обосновано использование деталей из углепластика в современном машиностроении. Показана недостаточность проработанности вопроса назначения рациональных режимов резания углепластика. Предложена методика проведения экспериментального исследования на основе использованием полного факторного эксперимента и получения регрессионных зависимостей как основы для математической модели процесса резания материала на основе углеродного волокна.*

**Ключевые слова:** углепластик, сверление, методика эксперимента, планирование, режимы резания, качество поверхности, шероховатость.

Актуальность. В современном машиностроении массово используются детали из углепластика. Это продиктовано особыми свойствами композиционных материалов на основе углеродного волокна [1].

Достоинства деталей из углепластика:

- легкий вес (легче стали на 42%, легче алюминия на 21%);
- термоустойчивость - материал выдерживает нагрузки до 1950 градусов Цельсия;
- теплоемкость и ярко выраженное погашение вибраций;
- устойчивость к коррозии и разным агрессивным химическим средам;
- чрезвычайно высокая прочность на разрыв;
- устойчивость к радиационным излучениям;
- высокая электропроводность;
- эстетичность, что позволяет улучшать не только свойства определенных изделий, но и их внешний вид.

Не смотря на все достоинства материала, углепластик по прежнему остается мало изучен с точки зрения его механической обработки, в частности сверления. Нет четких рекомендаций по назначению режимов резания при сверлении углепластика, позволяющих получить требуемое качество поверхности отверстия [2].

Для исследования взаимосвязи режимов обработки и качества поверхности целесообразно использовать эксперимент, как один из основных методов исследования в прикладных науках. Для проведения качественного эксперимента необходимо разработать методику. Основой методики могут стать методы планирования эксперимента, среди которых выгодно отличается метод полного факторного эксперимента. Методы планирования эксперимента применяются для построения интерполяционных моделей, оптимизации процессов и объектов.

Метод полного факторного эксперимента реализует все возможные неповторяющиеся комбинации уровней факторов или независимых переменных, причем каждый фактор принудительно варьируется на заранее выбранном количестве уровней. Таким образом, мы имеем дело с активным экспериментом, т.е. с активным вмешательством экспериментатора в ис-

следуемый процесс. Такой эксперимент выполняется в соответствии с заранее подготовленным планом.

Выбор оборудования и режущего инструмента. Для проведения эксперимента используем:

- станок ГФ2171С5 (рис. 1)



Рисунок 1 - станок ГФ2171С5

- профилограф Hommel TesterW55 (рис. 1)



Рисунок 2 - профилограф Hommel Tester W55

- сверло спиральное, 120°, материал Р6М5, по металлу



Рисунок 3 – сверло спиральное

В качестве исследуемого материала выступает углепластик ВКУ-25. Его свойства близки к широкому кругу углепластиков.

- исследуемые диаметры  $\varnothing$  6; 8; 10 мм.

- повторяемость 3 раза.

Входные (изменяемые) параметры – режимы резания при сверлении отверстия в сплошном материале: скорость резания  $V_{\text{сверл.}}$  м/мин и подача  $S_{\text{сверл.}}$  мм/зуб. Контролируемый параметр – шероховатость обработанной поверхности Ra. На основе литературного поиска определяем диапазон варьирования входными параметрами.

Таблица 1 - Определение границы проведения эксперимента  $V_{\text{сверл.}}$  м/мин;  $S_{\text{сверл.}}$  мм/зуб.

Уровень	Исследуемый параметр	
	V	S
min	3	0,05
max	15	0,35



Таблица 2 - Матрица планирования эксперимента.

№	V	S	V, м/мин	S, мм/зуб
1	+	+	15	0,35
2	+	-	15	0,05
3	-	+	3	0,35
4	-	-	3	0,05

Значение параметров шероховатости полученные в результате полного факторного эксперимента позволят построить регрессионные зависимости от режимов резания и позволят прогнозировать необходимые условия обработки деталей из углепластика для достижения требуемой шероховатости поверхности

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Композиционные материалы: Справочник / В.В. Васильев, В.Д. Протасов, В.В. Болотин и др.; Под общ. ред. В.В. Васильева, Ю.М. Тарнопольского. – М.: Машиностроение, 1990.
2. Углеродные волокна и углекомпозиаты. Пер. с англ. / Под ред. Э. Фитцера. - М.: Мир, 1988.

#### ДИСПЕТЧЕРСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Леденёв Станислав Андреевич, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail:ice.xr@live.ru

Научный руководитель – Некрасов Вячеслав Николаевич, к.т.н., доцент, e-mail:sla44@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье отражена актуальность, и проблемы организации и систематизации работы отдела главного технолога машиностроительного предприятия. Предложен новый подход к выстраиванию взаимодействия подразделений, отвечающих за технологическую подготовку и производственного цеха. Представлен пример схемы реализации подхода в условиях машиностроительного предприятия с использованием системы поддержки технологических процессов.*

**Ключевые слова:** автоматизация, документооборот, взаимодействие подразделений предприятия, технологическая подготовка производства, планирование задач.

В настоящее время электронных систем обеспечивающие высокую эффективность организации документооборота достаточное количество. Но минусы многих систем - их цена и достаточно долгая подстройка под определенное предприятие.

На настоящий момент на предприятии ООО УК «Алтайском заводе прецизионных изделий» существует проблема в правильной систематизации и организации документооборота. Архивы забиты бумажными носителями поиск которых вызывает довольно большие затраты по времени и большую трудоемкость. Также бывают случаи утери экземпляров документации. Построить структуру взаимодействия подразделений, обеспечивающих успешное техническое и организационное выполнение технологических процессов – главная задача данной работы.

Целью исследования является повышение скорости взаимодействия подразделений, выполняющих технологическую подготовку производства.

Итоговая цель настоящей работы является повышение эффективности организации документооборота и планирования технологических процессов с использованием электронно-коммуникативных средств.

Разберём главные функции системы поддержки технологических процессов:

Одна из главенствующих функций системы – это ежедневник технолога. Технолог описывает, какой задачей занимался, сколько времени на это затратил и др.

Планирование работы и отслеживание выполнения задач каждого отдельного технолога. Например, главный технолог может в реальном времени увидеть загруженность каждого технолога и назначить задачу более свободному технологу.

База данных выпускаемой продукции (конструкторской документации) дает возможность посмотреть актуальный конструкторский чертеж, найти нужную деталь, её индекс, маркировку, из какого металла и многое другое. Является входом для технологического процесса.

База данных технологической документации (ТД), с помощью которого можно посмотреть ТД, например, по отдельности операционную карту, карту потока и другое. При наличии планшета у оператора станка на рабочем месте в цехе можно загрузить и ознакомиться с требуемой операционной картой. Является выходом для технологического процесса.

Мини-мессенджер, который призван оповещать технолога новостями и напоминаниями связанной с его работой, например, о любом изменении в конструкторском чертеже детали, которую он сопровождает или о горящей задаче из цеха.

Создание автоматических документов по шаблону, такие как отчёт выполненной работы ОГТ за месяц, протокол совещания и др.

Разработка предложенной системы позволит в значительной степени сократить сроки технологической подготовки производства за счет высокой оперативности поступления и обработки новой информации, а также простой доступности информации ушедшей в архив. Прозрачность ситуации хода выполнения текущих проектов для руководителя подразделения поможет исключить затягивание выполнения работ и повысит качество управленческих решений.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аверченков В.И., Аверченков А.В., Базров Б.М., Варганов М.В., Васильев А.С. Справочник технолога - машиностроителя: В 2-х томах

## СПОСОБЫ ОБРАБОТКИ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ВАЛОВ

Лушков Константин Владимирович, магистрант кафедры «Технология машиностроения»

Научный руководитель – Балашов Александр Владимирович, к.т.н., доцент,

e-mail:bavagtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Описаны конструкции валов, содержащих винтовые поверхности. Выполнен анализ способов обработки винтовых поверхностей валов. Рассмотрены схемы образования резьбы резцами полного и раздельного профиля, фрезерование резьбы концевой фрезой, торцевой фрезой, вихревой метод нарезания резьбы, фрезерование методом отгибания, фрезоточение и фрезерование дисковыми фрезами*

**Ключевые слова:** винтовые поверхности валов, способы обработки резьбы.

На сегодняшний день невозможно представить какую-либо отрасль машиностроения без участия в ней деталей типа тел вращения. Большинство механизмов, применяемых в промышленности, сельском хозяйстве, в быту, на транспорте, в космонавтике, состоят из таких деталей. Они могут предназначаться как для крепления частей механизма, так и непосредственно для передачи движения от одного звена механизма к другому.

Детали тел вращения образуются цилиндрическими, коническими, сферическими, торцевыми и винтовыми поверхностями.

Обработка таких деталей как вал, ось, втулка, муфта, фланец, шток имеет довольно длительный опыт, следовательно, существует большое количество литературы, методическо-

го и производственного обеспечения. А также при изготовлении большинства из них на станках с ЧПУ не требуется применение дополнительных автоматизированных САМ-систем. Иная ситуация складывается с изготовлением таких деталей как червяк. В связи с этим в данной работе будет рассмотрен процесс повышения производительности при обработке изделий имеющих винтовую поверхность, образованную трапецеидальным профилем, либо не стандартной резьбы. К таким изделиям можно отнести: червяк, шнек, разнообразные ходовые винты, детали со специальной резьбой.

В зависимости от применения механизмов, в которые входят рассматриваемые детали, их изготавливают с различными требованиями по точности. Для достижения требуемых точностных параметров назначаются необходимые операции и оборудование, на котором будут выполняться данные операции. Такими операциями могут быть: предварительное изготовление витков, термообработка, шлифование витков.

Высокую точность помогают достичь токарно-фрезерные операции, исполняемые на станках с ЧПУ.

Реализовать механическую обработку резьбовых поверхностей на рассматриваемых изделиях можно следующими способами: фрезерованием, нарезанием токарными резцами и шлифованием.

Очень часто в единичных производствах прибегают к способу нарезания резьбы на токарных станках резцами. Материал срезается либо одним резцом, повторяющим профиль впадин, либо несколькими резцами, имеющими разделенный профиль. Схемы формирования профиля канавки резьбы резцами разделенного профиля приведены на рисунке 1.

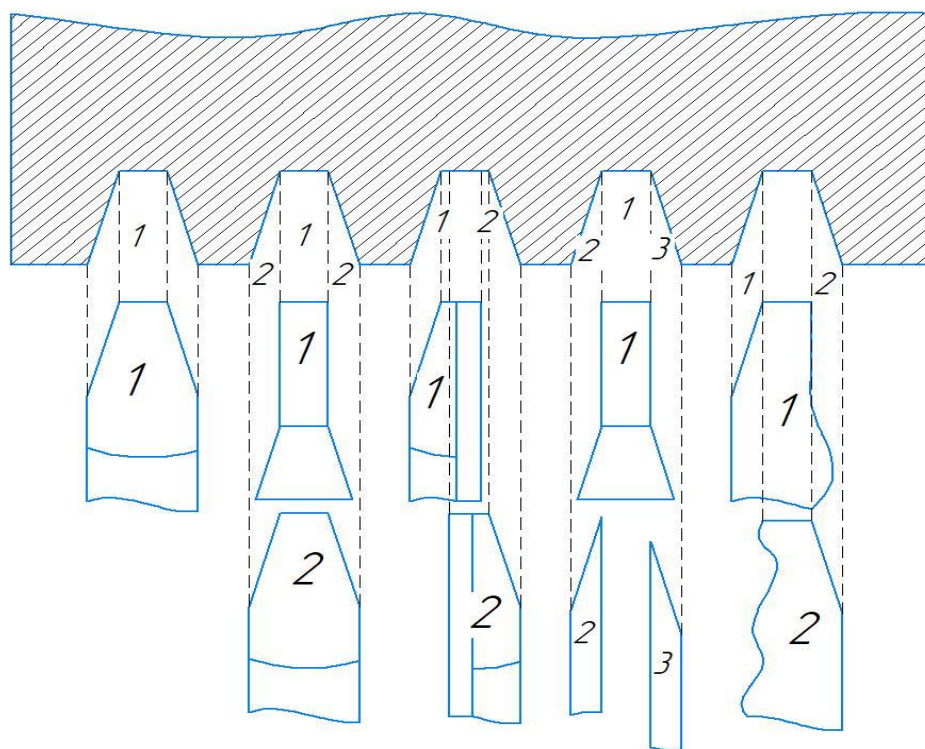


Рисунок 1 – Схема образования резьбы резцами полного и разделного профиля

Обработка резцами с полным профилем считается более производительной. Но при этом нарезание крупной резьбы с глубоким профилем и большим шагом такими резцами практически невозможно. Возникает проблема с выводом стружки из канавки, увеличивается ее давление на резец, повышается температура в зоне резания, увеличивается мощность необходимая для резания, появляется дроблёная поверхность. Процесс резания происходит в контакте со всеми режущими кромками профильного резца. Причем с увеличением глубины и шага нагрузка возрастает, возникает обработка с ударом, что приводит к выкрашиванию

режущей кромки инструмента. Если уменьшать глубину врезания на проход, то боковые стороны инструмента начинают снимать слишком маленький слой материала. В результате чего не происходит полноценного процесса резания и тем самым боковые кромки быстро изнашиваются.

Реализация обработки винтовых поверхностей резцами отдельного профиля также подразумевает решение ряда задач:

- Не равномерный износ резцов, входящий в данный комплект, что приводит к неравным нагрузкам и не спокойной обработке.
- Сложность взаимной привязке инструментов, входящих в комплект.
- Проектировка профиля и изготовление режущего инструмента.
- Реализация различных режимов резания для получения лучшей точности изготовления изделия при применении чернового и чистового метода обработки. Применительно к оборудованию с ЧПУ, в котором отсутствует механическая кинематическая связь между вращательным движением заготовки и прямолинейным движением резца вдоль ее оси, что обозначает разные участки разгона и торможения при изменении частоты вращения шпинделя.

При обработке червяков резцами с прямолинейной режущей кромкой необходимо обратить внимание на установку токарного резца. При нарезании архимедова червяка резец устанавливается в осевом сечении червяка. Для получения конволютного червяка резец поворачивают на угол подъема винтовой линии витка червяка так, чтобы его верхняя плоскость была перпендикулярна винтовой линии. Эвольвентный червяк выполняется двумя резцами, один для обработки правой стороны, другой левой. Один резец устанавливается выше, другой ниже оси червяка, в плоскостях касательных к основному цилиндру червяка.

К основным способам получения резьбы фрезерованием можно отнести следующие:

1. Фрезерование резьбы концевой фрезой. Данный способ подразумевает, что ось инструмента перпендикулярна оси нарезаемой резьбы. Заготовка закрепляется в основном шпинделе и имеет вращательное движение, а фреза во фрезерной голове – вращается и передвигается вдоль винтовой линии. Исполняется на токарно-фрезерных станках и обрабатывающих центрах. Фреза имеет форму резьбовой канавки. Недостатками являются: инструмент подходит только для определенного типа резьбы, обработка только наружной резьбы, наличие дефекта резьбы на торце детали, низкая производительность.

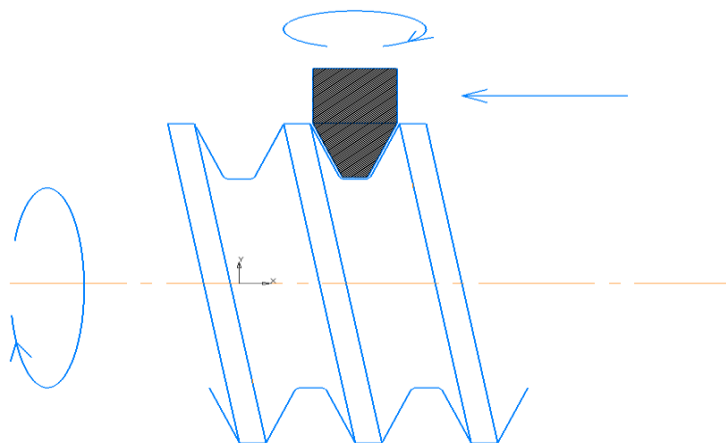


Рисунок 2 – Фрезерование резьбы концевой фрезой

2. Фрезерование резьбы торцевой фрезой. Нарезание происходит торцевой фрезой с профилированными резцовыми вставками. Вставки напрямую связаны с геометрией канавок резьбы. Как и в предыдущей схеме обработки требуются три одновременно действующих движения, из которых два взаимно связаны (вращение и прямолинейное перемещение фрезы). К недостаткам можно отнести: невозможность обработки внутренних поверхностей и перепрофилирование зубьев при изменении параметров резьбы.

3. Вихревое нарезание резьбы. Приданной схеме нарезания используется специальное приспособление, монтируемое на суппорт токарного или резьбофрезерного станка. Данное приспособление имеет шпиндель с установленной в нем резцовой головки, вращающейся до 1000 до 4000 оборотов в минуту. Резцовая головка в свою очередь состоит из установленных в ней резьбовых пластин. Современные токарные станки с ЧПУ, которые оснащены системой приводного инструмента данное приспособление используется как приводной блок. Этот способ является одним из самых производительных и позволяет работать с высокими скоростями. В настоящее время этот способ с родни резьбофрезерованию. Резьбофрезы могут быть как однозубыми, так и многозубыми из твердого сплава либо со сменными пластинами.

4. Фрезерование методом огибания. Фреза с обрабатываемой резьбой составляют винтовую пару оси, которых расположены в одной плоскости, а точку касания винтовой пары смещают относительно полюса зацепления фрезы и заготовки. Реализуется непосредственно на резьбофрезерных полуавтоматах. При использовании токарного станка требуется дополнительная оснастка.

5. Фрезоточение резьбы. Обработка видется винтовой фрезой с профилем и шагом нарезаемой резьбы по всей ее длине. Деталь и фреза вращаются с определенным соотношением угловых скоростей по схеме встречного фрезерования. Обработка видется за счет радиальной подачи без осевой подачи на шаг нарезаемой резьбы.

6. Фрезерование дисковыми фрезами. Нарезание происходит диском, который имеет нужную форму профиля. Диск может иметь несколько зубьев и ориентирован перпендикулярно оси вращения инструмента. Обработка может совершаться на специализированных резьбофрезерных станках, станках с ЧПУ и обрабатывающих центрах.

#### СПИСОК ИСПЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Виксман Е.С. Скоростное нарезание резьб и червяков. М.: Машиностроение, 1966. 83с.
2. Волков Д.П., Маликов А.А., Ямников А.С. Формообразование многозаходных винтовых выступов на прессовой оправке: монография. Тула. Изд-во ТулГУ, 2016. 141 с.
3. Воронов В.Н. Теоретические основы технологии обработки резьбы винтовым инструментом с радиальной подачей: дис. ... докт. техн. наук. Тула, 1993. 369 с.

#### ПРИМЕНЕНИЕ УНИВЕРСАЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ СВАРКИ ТАВРОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Маценко Илья Александрович, магистрант гр.8МС-01, e-mail:mocenyuch@mail.ru

Попов Станислав Павлович, студент гр. МС-81, e-mail:stanislav.popov.2015@list.ru

Научный руководитель - Мандров Борис Иванович, к.т.н., доцент, e-mail:polimerbim@mail.ru, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*На дуговую сварку строительных конструкций приходится основная доля соединения их деталей. В заводских условиях мелкосерийного производства затруднено применения полностью механизированной сварки даже для швов значительной протяженности. Серийный выпуск агрегатных узлов - сварочных тележек для перемещения горелок полуавтоматов со сварочной скоростью позволяет решить проблему механизации сварочных работ в вышеуказанных условиях. Показано, что технические характеристики тележки КС-5 позволяют ее рекомендовать для сварки секции кольца жесткости резервуара.*

**Ключевые слова:** сварные конструкции, мелкосерийное производство, сварочные автоматы, частично механизированная сварка, механизмы для перемещения сварочной горелки, секции кольца жесткости резервуара.

При изготовлении металлических конструкций, в том числе и строительных дуговая сварка является основным способом соединения ее элементов [1]. В цеховых условиях особенно в мелкосерийном производстве широко применяется частично механизированная

сварка в защитных газах сварочной проволокой сплошного сечения. Это обусловлено хорошим соотношением качества, производительности и себестоимости работ. В тоже время, при сварке швов протяженностью свыше одного метра было бы обосновано даже при мелкой партии изделий использовать полностью механизированную сварку, однако этому препятствует высокая стоимость сварочных автоматов. Кроме того, при сварке швов большой протяженности на стабильность размеров сварного шва оказывает влияние квалификация сварщика.

Для решения этой проблемы компании, выпускающие сварочное оборудование начали производить средства малой механизации в виде агрегатных узлов - механизмов для перемещения горелки от сварочного полуавтомата. Эти агрегатные узлы оснащаются унифицированными посадочными поверхностями для присоединения сварочных горелок. Компания ООО Шторм «Сварочное оборудование и материалы» выпускает сварочную тележку КС-5 с постоянными магнитами (рисунок 1) для выполнения горизонтальных угловых швов при сварке тавровых сварных соединений горелками с прямым или изогнутым «гусаком» (термин предприятия изготовителя). Технические характеристики сварочной тележки КС-5 приведены в таблице 1 [2].

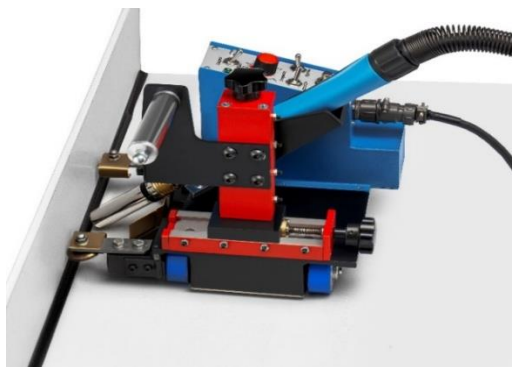


Рисунок 1 – Тележка КС-5 для перемещения сварочных горелок

Таблица 1 – Технические характеристики тележки КС-5 для перемещения горелки при сварке горизонтальных угловых швов

Наименование параметра	Значение
Позиция сварки	Горизонтальный угловой шов
Масса, кг	8
Габаритные размеры:	
-высота	300
-ширина	210
-длина-	260
Питание	100-240 В (частота 50/60 Гц)
Ход горелки, мм	
-по горизонтали	50
-по вертикали	50
Угол наклона горелки, град	
-по оси X	45±10
-по оси Y	90±10
Скорость движения тележки, см/мин	5-60
Устройство закрепления	Магнитное
Усилие прижатия, кг	25
Возможность применения сварочной горелки	С прямым или изогнутым гусаком, 350 А(500А)3 м или 4,5 м

Анализ технических характеристик тележки КС-5 показал, что она может устанавливаться на изделие, а также имеет широкий диапазон скорости сварки. Малые габариты тележки даже при отсутствии выводных планок обеспечивают не доваренный участок длиной

до 200 мм. Это позволяет предложить к использованию вышеуказанной модели сварочной тележки КС-5 при изготовлении секции кольца жесткости резервуара имеющим два шва протяженностью 1408 мм. Такой вариант механизации сварки улучшит качество формирования достаточно протяженных швов секции кольца жесткости и уменьшит объем работ по исправлению дефектов.

Выводы:

1. Высокая стоимость сварочных автоматов затрудняет применение полностью механизированной сварки в защитных газах при мелкосерийном производстве сварных строительных в заводских условиях.

2. Серийный выпуск средств малой механизации низкой стоимости в виде агрегатных узлов - механизмов для перемещения горелки от сварочного полуавтомата позволяет решить эту проблему.

3. Тележка КС-5 с постоянными магнитами, выпускаемая компания ООО Шторм «Сварочное оборудование и материалы» может быть предложена в качестве средства для повышения эффективности сварки секции кольца жесткости резервуара.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лукьянов В.Ф. Изготовление сварных конструкций в заводских условиях : учебное пособие для студентов специальности 150202 «Оборудование и технология сварочного производства» / В.Ф. Лукьянов, В.Я. Харченко, Ю.Г. Людмирский. - Ростов-на-Дону: Феникс, 2009. – 314 с.

2. Интернет-ресурс [www.shtorm-its.ru/contacts](http://www.shtorm-its.ru/contacts).

### УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМ ПРОЦЕССОМ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ГИЛЬЗ ПАТРОНА

Потапахин Никита Юрьевич, магистрант кафедры ТМ, e-mail:[nikpotap.vkr@yandex.ru](mailto:nikpotap.vkr@yandex.ru)  
Научный руководитель – Маркова Маргарита Ивановна, к.т.н., доцент,  
e-mail:[margarita-markova@inbox.ru](mailto:margarita-markova@inbox.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Для улучшения производительности и качества выпускаемых изделий в массовом производстве зачастую требуется периодический контроль на всех операциях. Технологические потери обусловлены, прежде всего с неисправностью оборудования, непроработанным планом загрузки агрегатов другими изделиями и времени на транспортировку полуфабрикатов к операциям на удаленные участки. В работе предлагаются решения для управления производственным процессом изготовления гильз патрона.*

**Ключевые слова:** производственный процесс, контроль процесса производства гильз, неисправность оборудования, технологические потери.

Современный патрон, применяемый в гладкоствольном и нарезном оружии, имеет следующие основные элементы: капсюль-воспламенитель, гильзу, воспламенительный заряд и пулю. Гильза представляет собой тонкостенную металлическую, в некоторых случаях пластиковую, выполненную в форме стаканчика или бутылки деталь. Служит для соединения всех элементов в унитарный патрон [1].

Технологический процесс изготовления гильзы патрона условно разделяется на три группы: формообразующий (механический), термохимический и контроль.

Формообразующими называются операции, придающие заготовке геометрию готового изделия. Включает в себя вырубку рондоли из стальной полосы, свертку и вытяжку с утонением на гидравлических прессах, обрезку для задания необходимой длины полуфабриката, штамповку донной части, где формируется фланец и капсюльное гнездо, пробивку запальных отверстий, обжим дульца под калибр пули, подрезку дульца и обточку фланца.

Термохимическими называются операции, которые за счет высоких температур меняют физические свойства металла, а также покрывают поверхность защитным покрытием. Процесс отжига осуществляется по всему полуфабрикату на операциях с утонением и локально – формирование дульца. Защитное покрытие наносится на заготовку с целью изоляции ее от внешних воздействий агрессивной среды, убереечь от разрыва металла в местах контакта с рабочим инструментом и увеличить ресурс долговечности последнего. Нанесение окончательного покрытия на готовое изделие для его долговечной эксплуатации.

Контроль осуществляется после каждой механической операции специализированным измерительным инструментом и путем визуального осмотра согласно технологическому процессу и контрольным образцам.

Производственный процесс – это совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления продукции [2]. Основные проблемы при производстве гильз патронов возникают во вспомогательных процессах. Поломка и чрезмерный износ технологической оснастки, приводит к остановке или выпуску некачественной продукции. Неисправность в кинематике линий, замена технических растворов в агрегатах, загруженность оборудования изделиями другой продукции.

Основными целями работы является: выявление причин потерь времени при изготовлении изделий на предприятии, разработка схемы размещения оборудования на производственном участке пооперационно с применением ленточного конвейера, разработка мероприятий по снижению трудоемкости производственного процесса, создание программного обеспечения для контроля производства гильз патрона.

Изготовление гильз патронов достаточно трудоемкий процесс и содержит больше количество основных и вспомогательных операций. Появление дефекта на одном этапе производства может вызвать дефект на другом. Чтобы этого избежать проводят периодический контроль полуфабрикатов, оборудования и технологической оснастки. В целях упрощения контроля состояния изделий, предлагается разработать программное обеспечение, регистрирующее поступающий сигнал с датчиков, установленных в рабочих узлах линий, питательных устройств, ванн агрегатов. Алгоритм контроля производства гильз патрона представлен на рисунке 1.

Выводы:

1. Применение ленточного конвейера и рациональное размещение оборудования пооперационно на производственном участке сократит время на перемещение полуфабрикатов, что уменьшит технологические потери.

2. Применение различных датчиков увеличит качество выпускаемой продукции и уменьшит ручной человеческий труд.

3. Применение программного обеспечения позволит создать единую базу данных на изделие, по которой можно будет проанализировать проблемные основные и вспомогательные операции, и разработать методы по их устранению или минимизации.



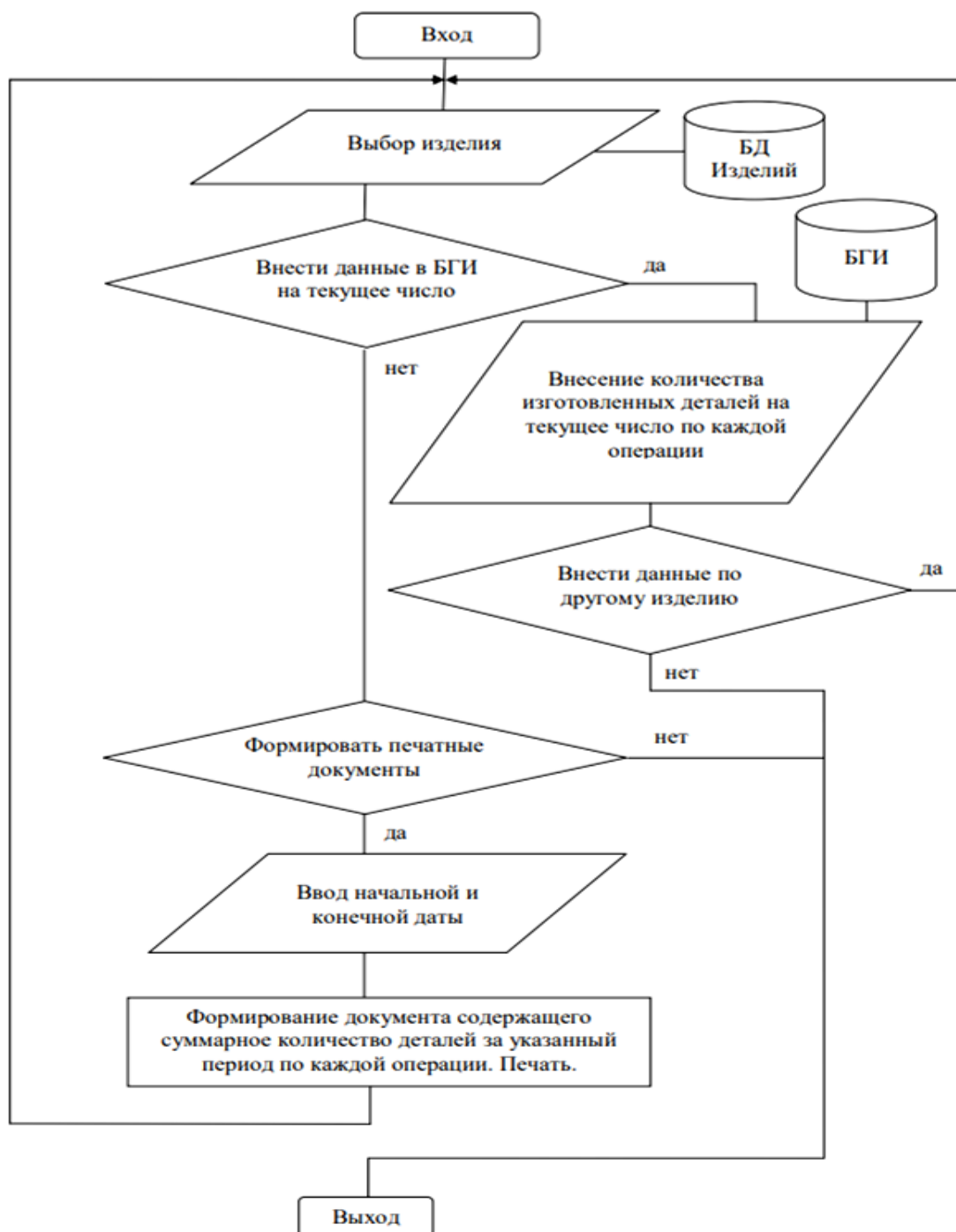


Рисунок 1 – Алгоритм контроля производства гильз патрона

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник по технологии патронного производства: в 2 т. Т.1 / Под ред. Н.П. Агеева; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2011. – 643 с.
2. Организация производства на промышленных предприятиях: Учебник / И.Н. Иванов. – М.: НИЦ инфра-М, 2013.- 352 с.: 60x90 1/16.

## ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИЕМ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ И ПВХ ПУТЁМ ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Рудь Артём Андреевич, студент кафедры «Технологии машиностроения»,  
e-mail:artem.rud.2002@mail.ru

Научный руководитель - Кряжев Юрий Анатольевич, к.т.н., доцент, e-mail:kryazhev57@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Повышение производительности металлообработки невозможно без исследования силовых характеристик процесса резания. Известно, что одним из методов отделочно-зачистной обработки режущим инструментом является обработка иглофрезами, представляющими собой многозубую фрезу, которая состоит из несколько тысяч режущих элементов - игл. В данной работе представлены экспериментальные исследования составляющих сил резания при помощи динамометра оригинальной конструкции. Даны рекомендации по рациональным режимам резания при иглофрезеровании алюминиевых сплавов.*

**Ключевые слова:** Иглофреза, иглофрезерование, сила резания, процесс обработки, инструмент.

Обеспечение необходимого качества деталей машин и механизмов неразрывно связано с решением задач по формированию заданных параметров шероховатости и величины наклёпанного слоя обработанной поверхности.

Процесс резания сопровождается упруго-пластической деформацией, происходящей не только в срезаемом слое, но и в поверхностном слое основной массы металла [1].

Процесс обработки иглофрезами характеризуется широкими технологическими возможностями, в значительной степени определяемыми податливостью режущих элементов (игл) и совмещающих процесс резания со значительным поверхностным пластическим деформированием обрабатываемой поверхности детали. Важным преимуществом данного процесса резания является низкая себестоимость обработки благодаря незначительным затратам на изготовление и эксплуатацию иглофрез. Однако, до сих пор не рассматривался вопрос о применении процесса иглофрезерования на этапах чистовой обработки алюминиевых деталей для получения поверхностей высокого качества. При этом основными проблемами более широкого использования в промышленности иглофрезерования являются: отсутствие рекомендаций по выбору режимов резания и конструктивно-геометрических параметров (длины и диаметр проволоки - игл) иглофрезерного инструмента, а также значительная степень наклёпа (до 40%) обрабатываемой поверхности. Важную роль для достижения высокого качества обработанной поверхности при резании имеет конструкция режущего инструмента. При разработке конструкции иглофрезы главной задачей является -повышение стойкости проволочного ворса (игл), а также повышение качества обработанной поверхности за счет возможности применения проволоки (игл), диаметр которой меньше величины зазора между упругими элементами цанги в известных конструкциях иглофрез, а также возможность сокращения вспомогательного времени при смене изношенных режущих элементов - проволочного ворса (игл).

Поставленная задача решается таким образом, что используется сборная торцовая иглофреза, имеющая цельный корпус, в котором размещены сменные режущие элементы (держатели проволочных игл), при этом сменные режущие элементы (держатели проволочных игл) выполнены из вулканизированной резины. Увеличение периода эксплуатации и возможность применения проволочного ворса (игл) различного диаметра достигается тем, что иглы устанавливаются в упругом резиновом держателе, что обеспечивает равномерный изгиб ворса (игл) по длине - без концентрации напряжений изгиба на границе зоны контакта ворса (игл) с держателем. Данное техническое решение по креплению ворса (игл) предотвращает их. Предложенная нами конструкция сборной торцовой иглофрезы представлена на чертеже (см. рисунок 1) [1]. Режущие элементы – ворс (иглы) сборной торцовой иглофрезы изготавливались из пружинной проволоки – стали 65 Г по ГОСТ 9389-75

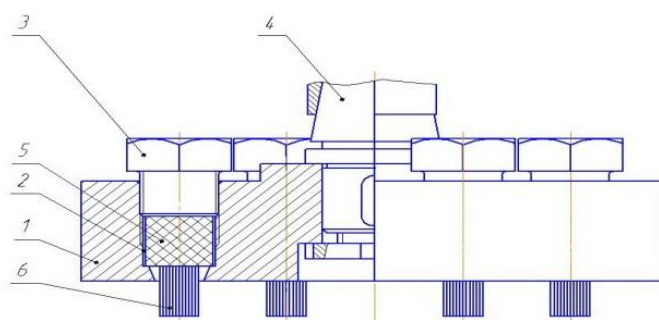


Рисунок 1 - Иглофреза торцовая сборной конструкции со сменными режущими элементами состоит из: 1 - корпус сборной торцовой иглофрезы, 2 - отверстие для установки сменного режущего элемента (держателя ворса), 3 - болт для крепления сменного режущего элемента (держателя ворса), 4 - фрезерная оправка для крепления в шпиндельном узле станка, 5 - сменный режущий элемент (держатель ворса), 6 – ворс, состоящий проволока.

Прогнозирование и управление величиной наклёпанного слоя обработанной поверхности иглофрезерованием имеет важное значение для разработки технологического процесса механической обработки деталей машин. Наиболее универсальными и высокоинформативными физическими параметрами, отражающими условия формирования качества обработанной поверхности и распространения упруго-пластической деформации (наклёпанный слой) от процесса резания, являются силовые характеристики процесса резания – составляющие силы резания  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$ .

В данной работе были проведены замеры сил натяга (воздействия ворса (игл) проволочного инструмента на обрабатываемую поверхность) с использованием динамометра - ДОСН -3-100У, для обеспечения наилучшей площади контакта ворса (игл) иглофрезы с обрабатываемой поверхностью и снижения наклёпанного слоя на обработанной поверхности. Замеры с использованием динамометра проводились для проволок (игл): длина ворса -  $L=20\text{мм}$  и  $L=40\text{мм}$ ; диаметр проволоки (игл)-  $d=0,5\text{ мм}$  и  $d=0,35\text{ мм}$ . Исследуемый натяг ворса к заготовке устанавливался в диапазоне от 1 мм до 3 мм с шагом в 1 мм. Показания на индикаторе часового типа динамометра ДОСН -3-100У обозначим -  $H$ , мм. Значения показаний индикатора –  $H$  из миллиметров были переведены по тарифовочному графику - в усилие воздействия ворса на заготовку –  $P$ , Н. При проведении данного эксперимента были получены следующие результаты, которые указаны в таблице 1.

Таблица 1

	№ Опыта	1	2	3	4
Натяг 1 мм	L, мм	40	40	20	20
	d, мм	0,5	0,35	0,5	0,35
	H, мм	0,02...0,04	0,01...0,04	0,06...0,08	0,03...0,06
	P, Н	17,65	17,36	40,417	26,09
Натяг 2 мм	L, мм	40	40	20	20
	d, мм	0,5	0,35	0,5	0,35
	H, мм	0,09...0,12	0,04...0,07	0,33...0,38	0,15...0,21
	P, Н	63,77	34,83	208,92	104,45
Натяг 3 мм	L, мм	40	40	20	20
	d, мм	0,5	0,35	0,5	0,35
	H, мм	0,20...0,24	0,35...0,42	0,48...0,52	0,32...0,37
	P, Н	127,63	220,53	295,97	203,17

Анализ полученных данных при проведении эксперимента с динамометром показал, что натяг ворса (игл) на обрабатываемую поверхность необходимо выбрать равным - 2 мм,

для того чтобы исключить появление наклёпанного слоя на обработанной поверхности. Экспериментальные исследования силовых характеристик процесса иглофрезерования проводились на образцах, изготовленных из алюминиевого сплава Д16Т. Перед началом эксперимента поверхности образцов (заготовки) подвергались черновой обработке методом фрезерования. Для проведения эксперимента был выбран на вертикально-фрезерный станок модели 6М12П.

Составляющие силы резания при иглофрезеровании  $P_x$ ,  $P_y$ ,  $P_z$  были определены по записанным сигналам (осциллограммам) с пьезоэлектрического динамометра конструкции АлтГТУ для различных условий варьирования параметров процесса иглофрезерования: длина режущих элементов - ворса (игл) -  $l$  от 20 мм до 40 мм; диаметр режущих элементов - ворса (игл) -  $d$  от 0,35 мм до 0,50 мм; частота вращения иглофрезы ( $D_{фр.} = 180$  мм) –  $n$  от 1600 об/мин до 800 об/мин; минутная подача –  $S_m$  от 250 мм/мин до 500 мм/мин.

Анализ результатов, полученных при обработке записанных сигналов (осциллограмм) с пьезокерамического динамометра показал, что для ворса (игл) диаметром от 0,35 мм до 0,5 мм и при длине  $L=40$  мм сила прижима ворса (игл) к обрабатываемой поверхности -  $P_y$  находится в диапазоне от 34,8 Н до 63,77 Н;

для ворса (игл) диаметром от 0,35 мм до 0,5 мм и при длине  $L=40$  мм главная составляющая сила резания при иглофрезеровании -  $P_z$  находится в диапазоне от 62,10 Н до 78,28 Н;

для ворса (игл) диаметром от 0,35 мм до 0,5 мм и при длине  $L=20$  мм сила прижима ворса (игл) к обрабатываемой поверхности -  $P_y$  находится в диапазоне от 98,20 до 207,48 Н,

для ворса (игл) диаметром от 0,35 мм до 0,5 мм и при длине  $L=20$  мм главная составляющая сила резания при иглофрезеровании -  $P_z$  будет находиться в диапазоне от 92,8 Н до 345,61 Н.

Вывод:

1. Для достижения максимальной производительности процесса иглофрезерования алюминиевого профиля - необходимо производить обработку на больших подачах и на повышенных скоростях резания, с режущими элементами (ворсом) меньшей длины и большего диаметра игл. Полученный результат исследования позволяет сделать вывод о возможности использования процесса иглофрезерования для обработки фасок под сварку на деталях из алюминиевого профиля - на высокоскоростных и сверхскоростных режимах резания.

2. Основным критерием, ограничивающим использование сверхскоростных параметров режима резания алюминиевого профиля является – появление наклёпанного слоя на обработанной поверхности из-за возрастания составляющих сил резания  $P_y$  и  $P_z$ . При исследовании силовых характеристик процесса иглофрезерования было установлено, что : главная составляющая сила резания при иглофрезеровании -  $P_z$  влияет на производительность процесса, а именно, – с уменьшением длины и увеличением диаметра ворса (игл) производительность процесса резания увеличивается, при этом увеличивается и сила прижима ворса (игл) к обрабатываемой поверхности заготовки -  $P_y$ , что может привести к значительному увеличению наклёпанного слоя и ухудшению качества обработанной поверхности (появляются «наплывы» в виде волн).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Татаркин Е.Ю. Прогнозирование шероховатости при иглофрезеровании методом акустической эмиссии [Текст] / Е.Ю. Татаркин, Ю.А. Кряжев, Е.С. Огневенко, // Вестник Алтайской науки. – 2013. – №2-1 – С. 30-33.

## УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАСЧЕТА ВЫБОРОК

Седашкин Алексей Денисович, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail:malvinhort@mail.ru

Научные руководители – Буканова Ирина Сергеевна, к.т.н., доцент, e-mail:ir-bis68@mail.ru

Ятло Иван Иванович, к.т.н., доцент, e-mail:iij-alt@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье кратко изложены материалы о контроле качества. О необходимости разработки унифицированных планов контроля.*

**Ключевые слова:** контроль качества, статистическое моделирование, планы контроля, выборочные методы статистического контроля качества, критерий оптимизации.

Одним из важнейших качеств, для роста эффективности работы производства является повышение качества контроля продукции, что влияет на эффективность её продаж. На сегодняшний день как никогда важно качество продукции, ведь только конкурентоспособные предприятия могут преодолеть имеющиеся трудности и проблемы. Контроль качества - это одна из основных функций в управлении качеством изготавливаемой продукции. Суть контроля заключается в возможности предотвратить появление брака и оперативно среагировать на его появление с минимальными затратами. Под контролем качества понимается проверка характеристик изделия в соответствии с технической документацией. Основой для разработки мероприятий улучшающих качество контроля должна служить информация, полученная в результате контроля.

В настоящее время возможности и мощности вычислительных машин настолько возросли, что появляется возможность использовать статистическое моделирование для непосредственного определения параметров и их редактирования без использования аналитических моделей различной степени адекватности (рисунок 1)



Рисунок 1 - выборочные методы статистического контроля качества.

Для оптимизации плана выборочного контроля предполагается использовать экономический критерий, т.к. по нему наиболее просто оценивать качество контроля. Для формирования данного критерия стоит, определить на основе чего он будет формироваться (рисунок 2).



Рисунок 2 - Формирование критерия оптимизации планов контроля на основе статистического моделирования

Таким образом, целями и задачами данной работы являются:

- повышение качества и эффективности контроля на производстве;
- анализ особенностей реализации данного метода;
- разработка методик создания унифицированных планов контроля;
- разработка программного обеспечения для реализации данного метода.

Исследование проводится на предприятии АО «Барнаульский патронный завод».

При положительных результатах исследования будут улучшен контроль и, как следствие, качество производимой продукции на базе АО «Барнаульский патронный завод».

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Агафонов В.А. Статистические методы управления качеством: учебное пособие / В.А. Агафонов; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2012. – 92 с.
2. Кошкин Л.Н. Роторные и роторно-конвейерные линии. – 2-е изд. стереотип. – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
3. Справочник по технологии патронного производства: в 2 т. Т.1 / Под ред. Н.П. Агеева; Балт. гос. техн. ун-т. – СПб., 2011. – 643 с.

#### СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ИЗ СПЛАВОВ АЛЮМИНИЯ И ПВХ ПУТЁМ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА ИГЛОФРЕЗЕРОВАНИЯ

Тарасов Данил Алексеевич, студент кафедры «Технологии машиностроения»,  
e-mail: danil1tarasov@yandex.ru

Научный руководитель - Кряжев Юрий Анатольевич, к.т.н., доцент, e-mail: kryazhev57@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Повышение качества обработки резанием изделий из сплавов алюминия и поливинилхлорида (ПВХ) определяется возросшим требованием к эстетическому виду продукции машиностроения на потребительском рынке. При этом возрастает необходимость повышения производительности изготовления изделий из данных материалов. Одним из высокопроизводительных методов отделочно-зачистной обработки является процесс иглофрезерования. В данной работе мною были выполнены исследования по определению качества обработанной поверхности деталей из сплава алюминия после иглофрезерования на различных режимах резания, на практике установлены зависимости шероховатости обработанной поверхности от параметров режимов резания и от конструктивных параметров торцевой иглофрезы сборной конструкции.*

*Ключевые слова:* иглофрезерование, иглофреза, обработка резанием, зачистка, качество поверхности.

В промышленности широко применяются детали и конструкции из сплавов алюминия и пластмасс. Основные преимущества изделий из этих материалов: высокая удельная прочность, коррозионная стойкость, сейсмо- и огнестойкость, отсутствие искр при ударе, возможность прессования различных профилей, при этом обеспечивается высокая динамическая прочность, небольшая объемная масса (от 3,0 до 5,0 раз меньше, чем у стальных конструкций), нетоксичность, долговечность.

К недостаткам изделий из сплавов алюминия можно отнести: малая упругость материала ( $7100 \text{ кН/см}^2$ ), высокий коэффициент линейного расширения ( $0,000023$  на  $1^\circ\text{C}$ ), затрудненность выполнения неразъемного соединения деталей в изделии, высокая себестоимость производства вследствие дефицитности. Эти особенности определили области обособленного использования сплавов алюминия: в строительстве и химической промышленности, для конструкций, подвергающихся воздействию агрессивных сред и открытому воздуху (кровельные материалы, оконные переплеты и стеновые перегородки); в машиностроении для деталей с малыми статическими и динамическими нагрузками.

Сварка пластмасс и алюминиевых сплавов - это сложный технологический процесс, с помощью которого получают неразъемные соединения деталей в узлах и изделиях. По сравнению с другими способами соединения (клепкой, резьбовое соединение и др.) сварка имеет существенные преимущества: высокая производительность процесса, низкая трудоемкость и хорошая автоматизация, экономичность, высокая плотность и жесткость сварных соединений. При выполнении процесса сварки изделий требуются меньшие производственные площади, чем при других методах сборки изделий из профильного проката, литья, штамповки и др.

Для обеспечения высокого качества сварного шва и прочность сварных соединений в конструкциях из алюминиевых сплавов необходимо провести тщательную подготовку свариваемых поверхностей деталей (плоскости торцы, уступы и др.). Хорошая свариваемость деталей будет обеспечена при условии, что на свариваемых поверхностях будет отсутствовать окисная плёнка, которая имеет высокую температуру плавления.

В местах наложения сварных швов необходимо перед сваркой удалить окисную плёнку механической зачисткой или химической подготовкой в умеренно щелочном растворе с последующей промывкой и сушкой. Механическая или ручная зачистка свариваемых поверхностей применяется для отдельных деталей и конструкций при ручной и полуавтоматической сварке и производится проволочными щётками.

В АлтГТУ им. И.И. Ползунова была разработана конструкция сборно-модульной иглофрезы для выполнения подготовительных операций технологического процесса изготовления сварных конструкций из алюминиевого сплава и ПВХ. Как показала практика, у операции иглофрезерования есть сильные стороны: относительная примитивность конструкции, сравнительно низкая себестоимость материалов для изготовления инструмента и трудозатраты на его изготовление. Так же неочевидным плюсом станет экологичность процесса иглофрезерования по сравнению с методами химической отделочно-зачистной обработки. Анализируя техническую литературу [1, 2 и др.] я делаю вывод о ключевых областях применения иглофрезерования: предварительная и декоративная обработка, резание материалов. Выполненные исследования в работе [2] показывают, перспективный вид обработки иглофрезерованием, который позволяет обеспечить высокое качество поверхностного слоя с параметрами:  $Ra=2\dots 7,5 \text{ мкм}$ ,  $Rz=10\dots 30 \text{ мкм}$ .

Иглофреза - инструмент с множеством режущих элементов - ворс, изготавливаемый из стальной углеродистой пружинной проволоки (ГОСТ 9389-75) или стальной легированной пружинной проволоки (ГОСТ 14963-78) [1]. Для обработки плоских поверхностей применяют торцовые и цилиндрические иглофрезы с равной длиной проволочных элементов ворса.

Задачей разработки новой конструкции сборной иглофрезы являлось увеличение износостойкости проволочного ворса (игл) и качества обрабатываемой поверхности. За счет

возможности применения проволоки, диаметр ворса которого меньше, чем величина зазора между лепестками цангового элемента зажима в известных конструкциях иглофрез. Это позволяет сократить время на обслуживание иглофрезы при смене изношенных проволочных элементов.

Повышение износостойкости и возможность использования проволоки различного диаметра достигается в новой конструкции иглофрезы тем, что проволочный режущий элемент, состоящий из ворса (игл) заливается в упругом резиновом держателе. Такой способ крепления ворса (игл) обеспечивает равномерный изгиб проволоки по всей длине без концентрации изгибных напряжений на границе зоны контакта с резиновым держателем, что предотвращает излом проволоки.

Разработанная конструкция сборной торцевой иглофрезы поясняется общим видом, на котором показаны все её основные конструктивные элементы. (см. рисунок 1.).

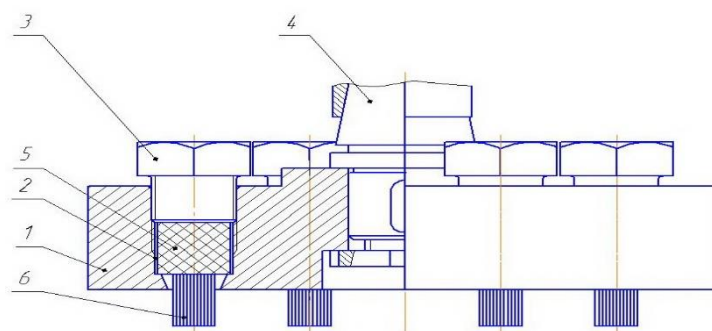


Рисунок 1 - Торцевая иглофрезасборной конструкции со вставными режущими элементами: 1- цельный корпус иглофрезы, 2 - «сквозное» установочное отверстие для замены режущего элемента (держателя ворса), 3 - болт для фиксации режущего элемента (держателя ворса), 4 - приводная оправка иглофрезы в шпиндельном узле станка, 5 - сменный блок режущего элемента (держатель ворса), 6 - проволочный ворс (иглы).

Данная конструкция сборной торцевой иглофрезы позволяет механизировать и автоматизировать процесс снятия: заусенцев, фасок под сварку, окалины и ржавчины на заготовках деталей, улучшить условия труда рабочего, выполняющего вручную подготовительные операции технологического процесса.

В рамках решения задачи установлению рациональных режимов резания и конструктивно-геометрических параметров инструмента были проведены экспериментальные исследования по обрабатываемости иглофрезерованием сплавов алюминия с целью прогнозирования параметров шероховатости обработанной поверхности.

При проведении эксперимента выполнялись измерения параметров шероховатости обработанной поверхности образцов на профилографе-профилометре «HOMMEL TESTER W55». Обработка иглофрезерованием была выполнена на образцах, изготовленных из сплава Д16Т. Рабочие поверхности всех экспериментальных образцов предварительно подвергались черновой обработке. Экспериментальные исследования проводились на вертикально-фрезерном станке марки 6М12П. Обработка результатов после проведения экспериментов выполнялась по методу планирования эксперимента - ПФЭ с диапазоном варьирования входными параметрами: длина режущих элементов (ворса) -  $l$  от 15 мм до 45 мм; диаметр режущих элементов (ворса)-  $d$  от 0.35 мм до 0.50 мм; частота вращения иглофрезы ( $D_{фр.} = 180$  мм) –  $n$  от 1600 об/мин до 800 об/мин; минутная подача –  $S_m$  от 250 мм/мин до 500 мм/мин. Получена зависимость параметра шероховатости –  $Ra$  от входных параметров:

$$Ra = 1,1831 * L^{-0,4141} * d^{0,396} * V^{0,0488} * S^{-0,036}, \text{ мкм} \quad (1)$$

где  $l$  – длина проволоки режущих элементов (ворса), мм;  $d$  – диаметр проволоки режущих элементов (ворса), мм;  $V$  – скорость процесса резания, м/мин;  $S_m$  – минутная подача, мм/мин.



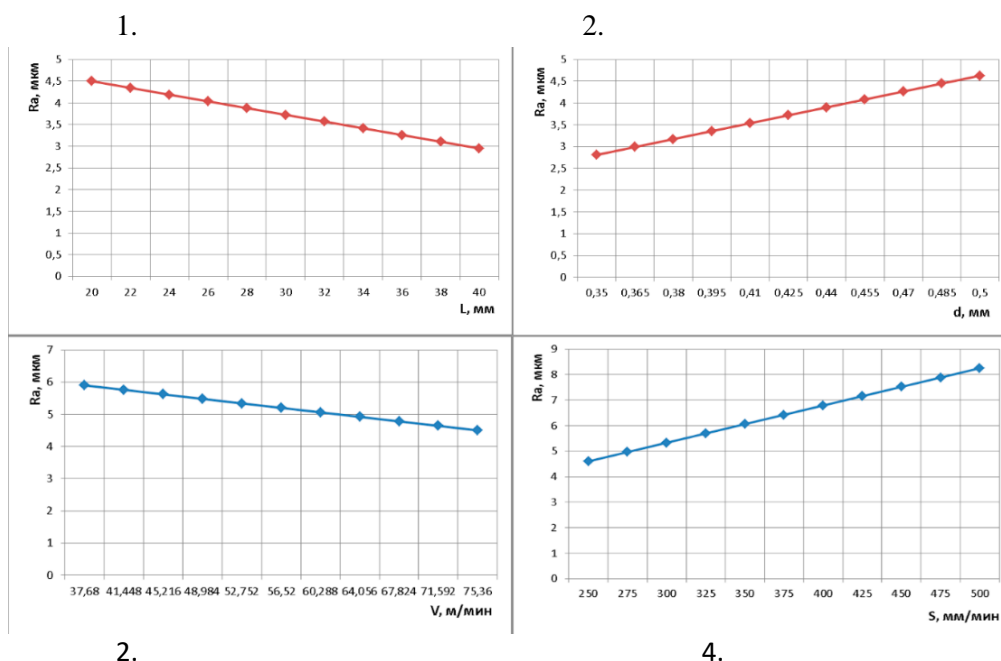


Рисунок 2 - Зависимости шероховатости обработанной поверхности  $R_a$  от: 1 - длины ворса (игл) – 1 (при  $d=0,5$  мм,  $V=75,36$  м/мин,  $S_M=250$  мм/мин); 2 - диаметра ворса  $d$  - (при  $l=20$  мм,  $V=75,36$  м/мин,  $S_M=250$  мм/мин); 3 - скорости резания -  $V$  (при  $l=20$  мм,  $d=0,5$  мм,  $S_M=250$  мм/мин); 4 - подачи -  $S$  (при  $l=20$  мм,  $d=0,5$  мм,  $V=75,36$  м/мин).

Вывод: для определения рациональных режимов резания при иглофрезеровании по критерию качества обрабатываемой поверхности была использована полученная математическая модель (1). Для обеспечения меньшей шероховатости обработанной поверхности необходимо - производить иглофрезерование на меньших подачах, но на повышенных скоростях с режущими элементами (ворсом) большей длины и меньшего диаметра. Это позволяет сделать вывод о возможности использования процесса иглофрезерования на высокоскоростном металлообрабатывающем оборудовании.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Татаркин Е.Ю., Кряжев Ю.А. Перспективы применения процесса иглофрезерования при обработке фасонных поверхностей [Тезисы]: 3-я Международная научно-практическая конференция «Инновации в машиностроении», Барнаул, АлтГТУ, 2012 г.
2. Татаркин Е.Ю., Кряжев Ю.А. Повышение качества поверхности при иглофрезеровании на основе применения автоматизированного измерительного комплекса [Тезисы]: Инновации в машиностроении - основа технологического развития России: материалы VI международной научно-технической конференции: Часть 2. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2014. С. 180-186.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЛОСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ПАЗОВ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ КОНЦЕВОЙ ФРЕЗОЙ МАЛОГО ДИАМЕТРА

Токарев Алексей Владиславович, магистрант кафедры «Технологии машиностроения»,  
e-mail: alexsisss1@gmail.com

Научный руководитель - Иконников Алексей Михайлович, к.т.н., доцент, e-mail: iamagtu@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассматриваются проблемы при изготовлении сложных пресс-форм, штампов и различных деталей, имеющих высокие требования к качеству плоской поверхности при фрезеровании концевой цилиндрической фрезой. В процессе поиска пути решения имеющихся проблем, проанализированы статьи и справочники по расчету сил резания, даны оценки модулям расчета деформаций при помощи метода конечных элементов в различных САПР и САД системах и построена 3D модель концевой фрезы для выявления величины отжима и его последующего влияния на плоскую поверхность.*

**Ключевые слова:** отжим, конечный-элемент, силы резания, концевая фреза, паз.

В наше время изготавливается все большее количество деталей, имеющих такой конструктивный элемент как паз. К таким деталям относят: пресс-формы, штампы, а также корпуса. К качеству обработанной поверхности пазов, которое зависит от точности геометрических параметров и шероховатости, предъявляют повышенные требования, но не стоит забывать, что и производительность имеет немаловажную роль.

Методом обработки, часто применяемым для изготовления пазов со сложным профилем, в частности пресс-форм, является процесс концевой фрезерования. Чаще всего этот процесс является завершающим видом формообразования поверхности, где уже окончательно обеспечивается необходимая шероховатость поверхности и геометрическая точность.

Как и при различных видах механической обработки детали, формирование при фрезеровании концевой фрезой осуществляется под воздействием сил резания, что при большом вылете инструмента и его малом диаметре, может повлиять на отжим, который в свою очередь скажется на качестве плоской поверхности сформированного паза, приведет к неравномерному износу инструмента и к большим нагрузкам на шпиндель станка.

Целью представленного в статье исследования является изучение влияния геометрии, отжима инструмента и режимов резания на качество плоской поверхности.

В первую очередь для достижения цели необходимо изучить существующие методы расчета сил резания, которые позволят получить параметры наиболее близкие к натуральным. Выявить какие параметры в большей степени влияют на силу резания.

Вторым шагом является расчет влияния сил резания на отжим фрезы. В эпоху цифровых технологий существует огромное множество различных САПР, САД и САМ системам, способных рассчитать деформацию тела при помощи метода конечных элементов. Каждая система имеет свои особенности, плюсы и минусы, и дабы не ошибиться с выбором, необходимо проанализировать существующие программы и выбрать наиболее подходящую для достижения поставленной цели.

Для расчета методом конечных элементов необходимо создать наиболее приближенную к реальному образцу 3D модель концевой цилиндрической фрезы, дабы узнать влияние количества зубьев и вылета инструмента на его деформацию, необходимы фрезы с различными параметрами.

Полученные расчеты позволят прогнозировать качество получаемой поверхности паза, что позволит оптимизировать данный процесс.

Таким образом, можно сделать вывод, что исследования в технологическом обеспечении качества плоских поверхностей пазов при фрезеровании концевой фрезой малого диаметра может в значительной степени понизить трудоёмкость изготовления деталей с повышенным требованием к качеству поверхности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Косилова А.Г., Мещерякова Р.К., ред. Справочник технолога машиностроителя. В 2 т. Т. 1. Москва, Машиностроение, 1985. 655 с.
2. Аврутин С.В. Фрезерное дело. М.: Всесоюзное учебно-педагогическое издательство «Профтехиздат», 1963. С. 424.
3. Багдасарян Г.Б., Наджарян М.Т. Методы планирования факторных экспериментов при решении опытно-экспериментальных задач. Ереван, 2008. 360 с.
4. Справочник технолога-машиностроителя: в 2 т. / под ред. А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, Т. 1. - 1986. – 656 с.

## СИСТЕМА ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ВЫБОРА ТОКАРНОГО ИНСТРУМЕНТА

Травина Анжелика Владимировна, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail:travina.anzhelika@yandex.ru

Научный руководитель - Леонов Сергей Леонидович, д.т.н., профессор,  
e-mail:sergey\_and\_nady@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Выбор инструмента при проектировании технологического процесса является трудоемким процессом. Использование искусственной нейронной сети системы искусственного интеллекта поможет решить задачу намного быстрее. Нейронные сети способны к параллельной обработке информации и могут самообучаться. Это обучение заключается в нахождении верных коэффициентов связи между нейронами, а также в обобщении данных и выявлении сложных зависимостей между входными и выходными сигналами.*

**Ключевые слова:** режущий инструмент, технологический процесс, система искусственного интеллекта, искусственная нейронная сеть, нейрон.

При проектировании технологического процесса токарной обработки немало важную роль играет правильно подобранный режущий инструмент. Определяющими факторами при выборе инструмента и оптимизации операций точения являются: конструкция деталей, ее материал, вид обработки, тип операции, характеристики оборудования и технологической оснастки.

Несмотря на то, что прямые затраты на инструмент на производстве составляют не более 10% от общей себестоимости детали, его косвенное влияние на себестоимость весьма существенно. Характеристики инструмента оказывают значительное влияние на качество получаемых поверхностей детали, производительность технологической операции, стабильность и надежность обеспечения параметров качества обрабатываемых поверхностей и т.п. Кроме того, на себестоимость обработки существенно влияет и номенклатура используемого инструмента [1].

Производители инструмента значительное внимание уделяют информированию пользователей о возможностях выпускаемого инструмента. Для этого ими разрабатываются, выпускаются и бесплатно распространяются каталоги инструментов, создаются сайты и интернет-ресурсы для автоматизации его выбора, технические справочники и т.п. Основная цель таких информационных ресурсов – снижение времени и затрат на подбор инструмента при проектировании операций механической обработки. Поэтому иногда более дорогой по стоимости инструмент может быть более выгоден предприятию, обеспечивая требуемое качество обработки при повышенной стойкости самого инструмента.

Несмотря на то, что производители инструмента всегда выдают рекомендации по его использованию, указывая обрабатываемый материал, диапазон предпочтительных режимов резания, а иногда и стойкость инструмента, до сих пор выбор инструмента при проектировании даже токарных операций является непростым и трудоемким процессом и требует проведения экспериментальных проверок правильности принятых решений.

В связи с тем, что современные производители инструмента выпускают подробные каталоги (в бумажном и электронном виде), для их использования при проектировании технологии эффективно использовать систему искусственного интеллекта. Одним из способов реализации данной системы являются искусственные нейронные сети (ИНС).

ИНС представляют собой систему соединенных и взаимодействующих между собой простых процессоров. Такие процессоры обычно довольно просты. Каждый процессор подобной сети имеет дело только с сигналами, которые он периодически получает, и сигналы, которые он периодически посылает другим процессорам. И, тем не менее, будучи соединенными в достаточно большую сеть с управляемым взаимодействием, такие локально простые процессоры вместе способны выполнять довольно сложные задачи [2].

Нейронная сеть это, фактически, особый вид эмпирической зависимости, позволяющей по исходным данным определить выходные параметры. Эти зависимости включают в себя большое количество коэффициентов, которые необходимо определить при обучении нейросети. Главное преимущество искусственной нейронной сети – возможность получения высокой точности при аппроксимации исходных данных. Это определяется большим количеством подбираемых коэффициентов. Но это, же приводит и к основному ее недостатку – сложности обучения (расчета коэффициентов). При большом количестве коэффициентов требуется и большое количество данных для обучения. Однако точность описания экспериментальных данных часто компенсирует сложности при построении искусственной нейронной сети [3].

В качестве входных параметров для подбора токарного инструмента предлагается использовать следующие:

- тип детали в соответствии с классификатором Единой системой конструкторской документации (ЕСКД);
- габариты детали;
- материал детали (сталь, чугун, нержавеющей стали и т.д.);
- вид станка (1К62Б - токарно-винторезный универсальный; NEF-400 универсальный токарный станок с ЧПУ и т.д.);
- вид обработки (обработка наружных или внутренних цилиндрических поверхностей, растачивание отверстия, отрезка заготовки и т.д.);
- тип обработки (черновое, полужесткое, чистовое).

В дальнейшем возможно уточнение и корректировка набора входных параметров для обеспечения высокой точности обучения при ограниченной сложности нейронной сети.

Выходными данными будут являться характеристики токарного инструмента: параметры державки с подходящей к ней пластиной. Кроме того, возможен анализ наличия выбранного инструмента на инструментальном складе (цеховой инструментальной кладовой) с указанием оставшегося его количества.

Система искусственного интеллекта позволит добиться следующих результатов:

- 1) ускоренного выбора инструмента при проектировании технологического процесса;
- 2) ведения учета расхода инструмента в инструментальном складе, цеховой инструментальной кладовой;
- 3) своевременного оформления заказа инструментов при его отсутствии на складе;
- 4) уменьшить количество ошибочно принятых решений.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методическое указание «Рекомендации по назначению режимов резания и выбору инструментов», Самара, 2010 - 85 с.

2. Искусственная нейронная сеть [Электронный ресурс]. URL: [https://ru.bmstu.wiki/Искусственная\\_нейронная\\_сеть](https://ru.bmstu.wiki/Искусственная_нейронная_сеть).

3. Всё о нейросетях [Электронный ресурс]. URL: <https://checkroi.ru/blog/neyroset-cto-eto-takoe>.

## СНИЖЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

Угрюмов Михаил Юрьевич, магистрант кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail:ugrumovmihail1@gmail.com

Научный руководитель - Маркова Маргарита Ивановна, к.т.н., доцент,  
e-mail:margarita-markova@inbox.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Работа направлена на снижение трудоемкости производственного процесса изготовления деталей предприятия за счет сокращения времени на технологическую подготовку производства. Применение CAD/CAM систем и автоматизированного подбора режущего инструмента на обрабатываемые поверхности позволит сократить время на создание управляющей программы для обработки деталей на станке с ЧПУ.*

**Ключевые слова:** CAD/CAM системы для создания управляющей программы, технологическая подготовка производства, база данных режущего инструмента.

На сегодняшний день в машиностроении распространена обработка деталей на станках с числовым программным управлением (ЧПУ). Такой метод обработки деталей имеет ряд преимуществ: возможность получения необходимой точности, высокую производительность, возможность обработки деталей различной конфигурации.

Для обработки деталей на станках с ЧПУ используются специальные управляющие программы. Создание управляющей программы (УП) требует дополнительных временных затрат. Она может разрабатываться вручную по координатам или с помощью CAD/CAM систем [1]. CAD/CAM системы представляют собой программную среду с использованием средств визуализации. Использование данных систем позволяет значительно упростить технологическую подготовку производства [2] и сократить время на её подготовку. CAD системы - это системы для создания чертежей и 3D моделей деталей и сборок. CAM системы - это программное обеспечение, позволяющее автоматизировать расчет траектории режущего инструмента и выдачу УП для обработки детали на станке с ЧПУ. CAM система работает с готовой 3D моделью детали и позволяет визуализировать процесс обработки деталей.

Ещё одним важным вопросом в машиностроении является подбор режущего инструмента для обработки деталей. От правильно подобранного инструмента зависит точность поверхностей детали, шероховатость и производительность станка. При подборе режущего инструмента учитываются следующие факторы: обеспечение максимальной производительности оборудования, соответствие возможностям оборудования, обеспечение жесткости технологической системы. Режущий инструмент, как правило, подбирается по ГОСТам или каталогам с учетом обрабатываемого материала, поверхностного слоя заготовки, технических требований, предъявляемых к детали. При выборе режущего инструмента необходимо учесть его геометрические параметры и материал режущей части.

Для упрощения технологической подготовки производства на сегодняшний день применяются программы для подбора режущего инструмента для обработки деталей. Они позволяют выбирать режущий инструмент, опираясь на заданные входные параметры (тип поверхности, диаметр, шероховатость, возможности станка) и рекомендации фирмы изготовителя. Однако, такие программные продукты чаще всего зарубежных производителей режущего инструмента: Sandvik Coromant, Iscar, Hoffmanni др.

Работа программ невозможна без заранее созданных баз данных инструмента. Именно использование баз данных режущих пластин, оправок и т.д. с занесенными параметрами позволяет выбрать более точно нужную конфигурацию, которая будет соответствовать предъявляемым к ней требованиям.

Для упрощения технологической подготовки производства на выбранном предприятии был проанализирован режущий инструмент и разработаны структуры баз данных на осевой режущий инструмент (БД ОРИ) и расточные резцы (БД РР) для координатно-расточных станков (рисунок 1, 2). При ее достаточном наполнении станет возможным осуществлять

подбор режущего инструмента на обрабатываемые поверхности. Алгоритм реализации подбора режущего инструмента представлен на рисунке 3. Его можно будет реализовать с помощью программных возможностей Microsoft Office Excel и языка программирования VBA.

Инструмент	Класс/вид отверстия	Обозначение	ГОСТ	Направление/ угол $\phi$	Кол-во зубьев, шт	Диаметр, мм	Длина, мм	Длина режущей части, мм
Сверло	B1	2300-0660	4010-77	Правое		3	46	16
Сверло	B1	2300-3041	4010-77	Левое		3	46	16
Сверло	B1	2300-7515	10902-77	Правое		3	61	33
Сверло	B1	2300-0429	10902-77	Левое		3	61	33
Зенкер	сквозное	2320-2702	12489-71			3,3	65	36
Зенкер	глухое	2323-2702	12489-71			3,3	65	36
Развертка		2363-0048	1672-80	5	6	3,5	70	18
Развертка		2363-0047	1672-80	15	6	3,5	70	18

Рисунок 1 – Структура базы данных осевого режущего инструмента

Вид отверстия	Обозначение	ГОСТ	Диаметр хвостовика, мм	Min растачиваемый диаметр, мм	Длина, мм	Длина режущей части, мм	Пластина
сквозное	2145-0631	25987-83	10	6	63	25	01291, 10411 ГОСТ 23396-90
глухое	2145-0632	25987-83	10	6	63	25	01291, 10411 ГОСТ 23396-90
сквозное	2145-0649	25987-83	25	25	125	80	10301 ГОСТ 23396-90
глухое	2145-0652	25987-83	25	25	125	80	10301 ГОСТ 23396-90

Рисунок 2 – Структура базы данных на резцы расточные

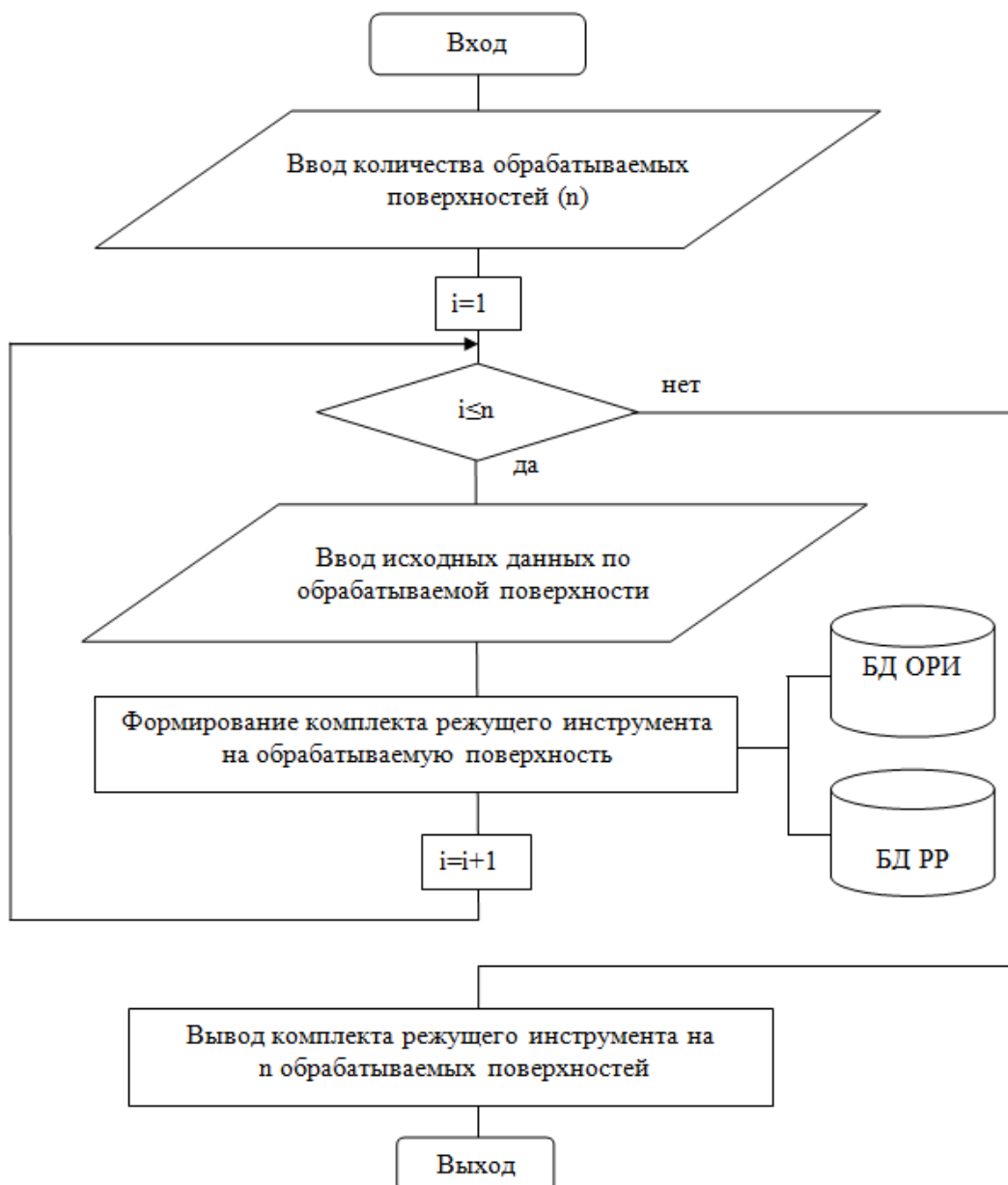


Рисунок 3 – Алгоритм назначения режущего инструмента

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сокращение трудоемкости проектирования фрезерных операций для деталей, содержащих сложно-профильные поверхности. Маркова М.И., Негруленко Д.Н. В сборнике: Инновации в машиностроении. Сборник трудов IX Международной научно-практической конференции. Под редакцией А.М. Маркова, А.В. Балашова, М.В. Доц. 2018. С. 113-116.
2. Управление технологической подготовкой механической обработки партий деталей в условиях серийного производства. Маркова М.И., Дронова О.Б. Актуальные проблемы в машиностроении. 2017. Т. 4. № 1. С. 15-19.

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ БОКОВЫХ ПЛАСТИН ПРИВОДНЫХ ЦЕПЕЙ

Фещенко Сергей Алексеевич, магистрант кафедры «Технология машиностроения»  
e-mail:s.feshenko99@list.ru

Научный руководитель - Балашов Александр Владимирович, к.т.н., доцент, e-mail:bavagtu@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Приведены методы формообразования боковых пластин приводных цепей. Описан метод лазерной резки листовых материалов. Выявлены преимущества и недостатки метода лазерной резки боковых пластин приводных цепей. Определены цель и задачи исследований по лазерной резке пластин цепей.*

**Ключевые слова:** *приводные цепи, боковые пластины, методы получения заготовок пластин, лазерная резка.*

Изготовление любого изделия в машиностроении начинается с заготовительного производства. Именно от качества продукции заготовительного производства в большей мере зависит формирование качества машиностроительной продукции в целом. Заготовительное производство обладает рядом особенностей. Большинство технологических процессов заготовительного производства относятся к опасным: сварка, литьё, обработка металлов давлением. К оборудованию и операциям производственных участков, где реализуются указанные технологические операции, предъявляются специфические организационные, технологические, конструктивные требования со стороны надзорных органов.

Рассматривая заготовительные методы обработки листового металла, с целью получения боковых пластин роликовых цепей, можно выделить фрезерный, вырубной и лазерный методы резки. Лазерная резка имеет ряд преимуществ, относительно высокая точность, отсутствие необходимости специализированной оснастки, возможность быстрой перенастройки станка для изготовления другого изделия.

На предприятии ООО «Барнаульский Завод Цепей» используется широкая номенклатура пластин роликовых цепей, изготавливаемых из сталей 45, 3, 12X18H10T, 09Г2С, изготавливаемых на станке лазерной резки TruLaser 3030 4kw,

Использование лазера для обработки листовых материалов требует поиска решений ряда задач, касающихся качества поверхности реза (наличие грата (наплывов) на кромке реза, изменение цвета металла в результате перегрева материала), показатель точности размеров, точности формы и точности взаимного расположения боковых пластин роликовых цепей.

К боковым пластинам приводных цепей предъявляются технические требования по точности межосевого расстояния отверстий, отклонению от перпендикулярности осей отверстий к боковой поверхности пластины, отклонению от круглости отверстий, шероховатости поверхности отверстий и боковой поверхности пластины.

Применение последующей слесарной операции в цикле изготовления детали, конечно же, решает эту проблему, но при этом увеличивается время изготовления детали и трудоемкость, а, следовательно, и стоимость изделия в целом. Получение качественной детали без применения дополнительной механической обработки возможно при определении оптимальных режимов лазерной резки.

Цель работы будет являться – разработка методики проектирования операции лазерной резки боковых пластин роликовых цепей.

Исследование и определение регулируемых параметров лазерной резки, влияющих на качество кромки реза и геометрические размеры деталей из стали 45, 3, 09Г2С, 12X18H10T с различной толщиной.

Поставлены следующие задачи исследования:

1. Найти зависимость параметров точности отверстий в пластине цепи от режимов лазерной резки.
2. Определить влияние режимов лазерной резки боковых пластин цепей на физико-механические характеристики материала боковых пластин цепей.



3. Разработать методику назначения режимов лазерной резки боковых поверхностей пластин.

Заключение:

1. Информационный поиск в научно-технической литературе показал, что вопрос обеспечения показателей точности пластин роликовых цепей, изготавливаемых лазерной резкой имеет актуальность в условиях рыночной конкуренции машиностроительной продукции.

2. Концепция лазерной резки является малоизученным на отечественном производстве, но перспективным направлением повышения качественных и производственных показателей машиностроительных предприятий.

3. Работа направлена на разработку методики проектирования операции лазерной резки боковых пластин роликовых цепей для обеспечения показателей точности пластин роликовых цепей, изготавливаемых лазерной резкой.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обеспечение качества машиностроительной продукции: учебное пособие / Б.Н. Гузанов [и др.]; под ред. Б. Н. Гузанова. Екатеринбург.: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2015. 226 с.

#### РАЗРАБОТКА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ САМ-СИСТЕМЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ЭКСЦЕНТРИКОВЫЙ ВАЛ» НА ФРЕЗЕРНЫХ ОБРАБАТЫВАЮЩИХ ЦЕНТРАХ

Черданцев Алексей Олегович, инженер кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail: hypertigr@mail.ru

Афанасьева Алена Евгеньевна, студент кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail: alena.afanaseva.1999@inbox.ru

Научный руководитель - Черданцев Павел Олегович, к.т.н., доцент кафедры «Технология машиностроения», e-mail: p004092@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Развитие и усовершенствование металлообрабатывающего оборудования. Актуальность и перспективность обработки на обрабатывающих центрах. Изучение и особенности управляющих программ для ЧПУ и САМ-систем. Разработка специализированной САМ-системы. Обеспечение производительности рабочего инструмента и черновой обработки. Постановка цели и задач исследования.*

**Ключевые слова:** точение фрезерованием, механическая обработка, САМ-системы, эксцентриковый вал, обрабатывающие центры, специализированная САМ-система, разработка программы, фрезерование, обработка деталей, черновая обработка.

На протяжении долгих лет развитие металлорежущего оборудования шло традиционно - совершенствование станков разделялось на группы и имело свои пути. Поиски решений для повышения производительности и сокращения продолжительности времени на обслуживание оборудования принесли результат. Появились многофункциональные станки, на которых осуществимы операции, как точения, так и фрезерования. Также стало возможным обрабатывать деталь за одну установку.

Комбинация точения и фрезерования, относительно недавно, раскрыла свои преимущества перед традиционными методами обработки [1]. В такой комбинации механическая обработка детали происходит за счет снятия верхних слоев металла фрезой с вращающейся заготовки. Данный вид обработки принято называть - точение фрезерованием [2].

Появление обрабатывающих центров с ЧПУ и САМ-систем существенно упростило работу технолога по созданию технологических процессов и повысило производство. Ручной расчет режимов и использование большого количества разнообразных таблиц были заменены

ны выбором предлагаемых программой параметров. Оборудование с ЧПУ имеет очень высокую точность резания, так как программное обеспечение закладывает основные параметры резания самостоятельно, исключая возможные погрешности ручного труда.

CAM-системы формируют управляющие программы содержащие последовательность действий для станков с ЧПУ, на основе трехмерной модели, созданной в CAD-системе (Рисунок 1). Существует много вариантов таких систем, все они отличаются друг от друга интерфейсом и возможностями, однако операции точения фрезерованием, реализованные в них, могут быть проработаны глубже.

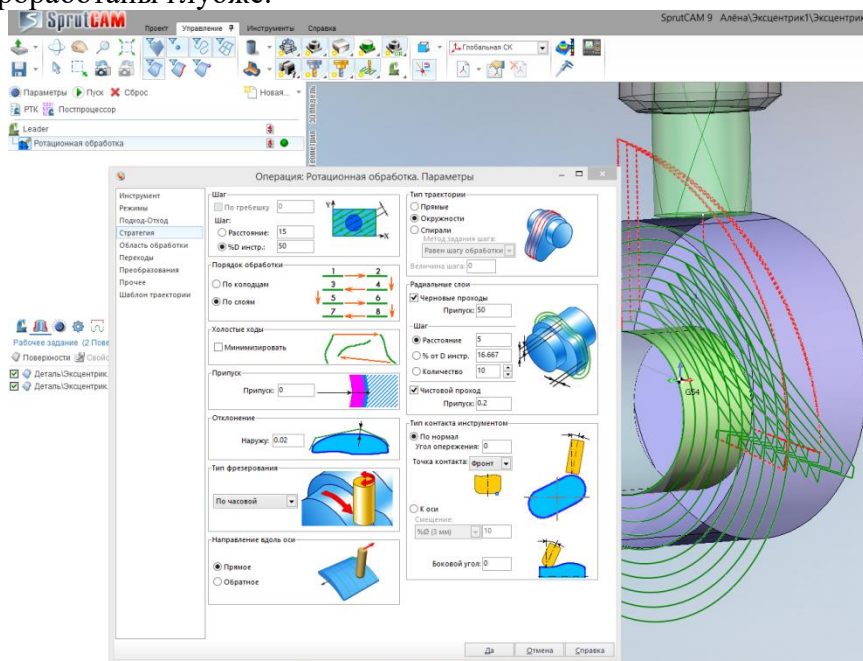


Рисунок 1 – Проектирование операции точения фрезерованием в системе SprutCAM.

Нами предлагается способ повышения производительности черновой операции точения фрезерованием. Съем материала осуществляется по спиральным траекториям, при этом чередуется направление вращения обрабатываемой заготовки (Рисунок 2).

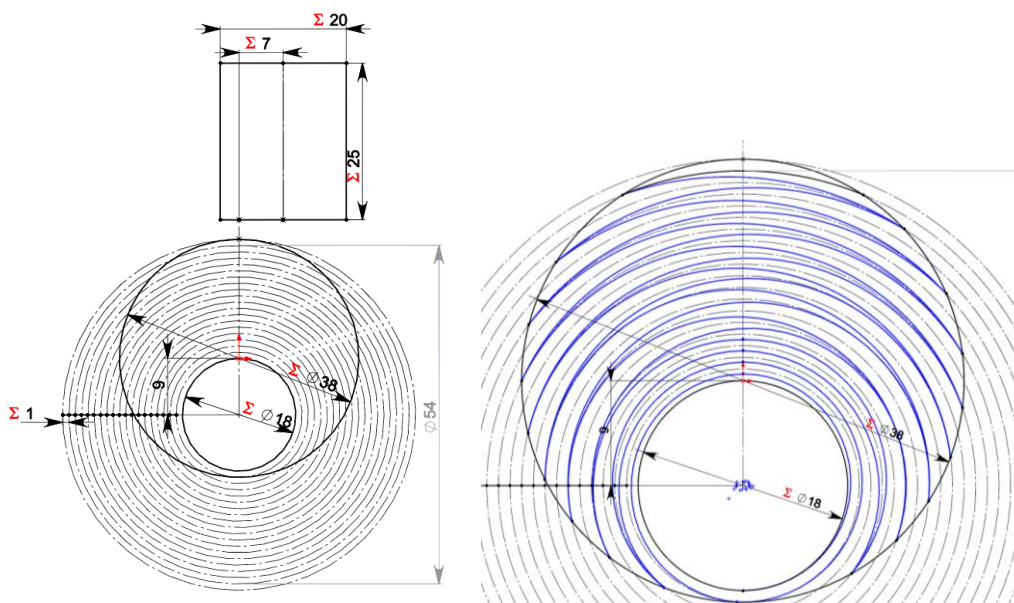


Рисунок 2 – Траектория движения фрезы при черновой обработке.

При таком подходе глубина срезаемого слоя минимальна в начале рабочего хода и максимальна в конце рабочего хода. В нашем подходе сохраняется постоянство произведе-

ния рабочей подачи и глубины резания, чтобы обеспечить постоянную производительность работы инструмента. Таким образом, при маленьких значениях глубины резания используются большие значения подачи и, наоборот, при больших значениях глубины резания – маленькие значения подачи.

В связи с тем, что изменение рабочей подачи приходится осуществлять на протяжении всего рабочего хода, траектория разбивается на множество участков. Каждый этот участок имеет свои режимы резания и координаты начальных и конечных точек.

В настоящее время, нами активно ведется разработка специализированной САМ-системы, позволяющей реализовать описанный выше подход. Интерфейс создаваемой нами системы ExcentricCAM содержит поля для ввода исходных данных, поле графического отображения рассчитанных траекторий (Рисунок 3).

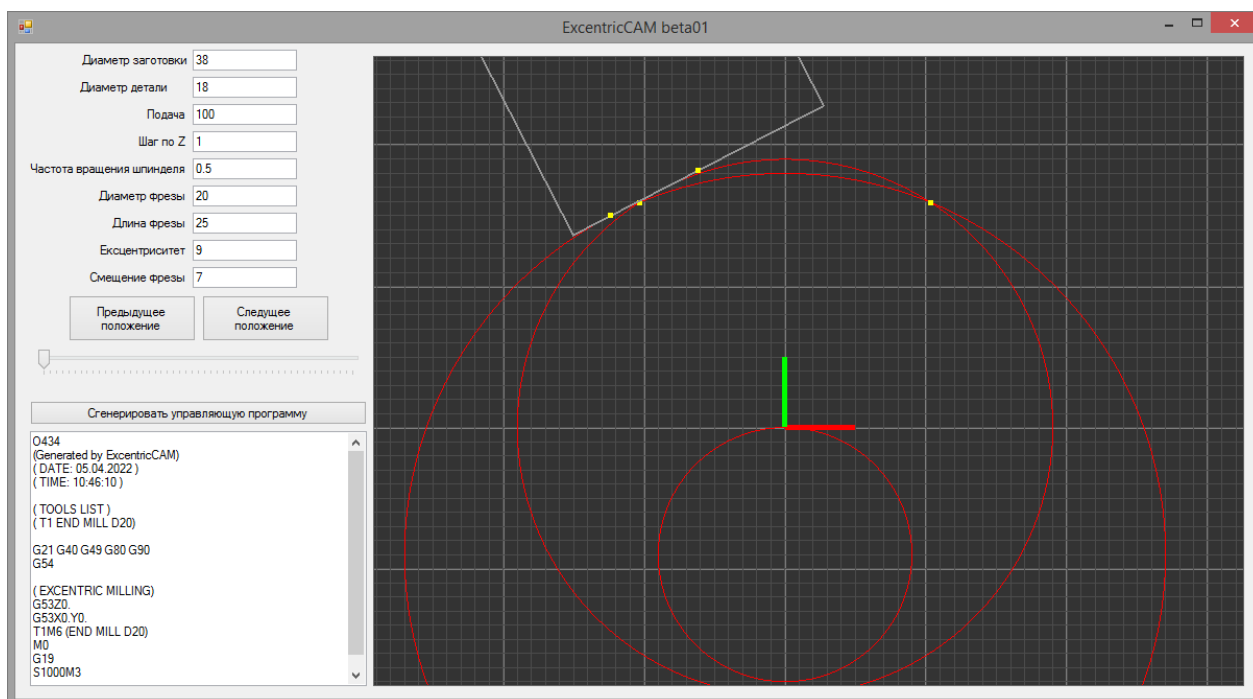


Рисунок 3 – Интерфейс системы ExcentricCAM

Разрабатываемая САМ-система позволит проектировать черновую операцию точения фрезерованием для эффективной обработки эксцентриковых поверхностей.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Виноградов Д.В. Высокопроизводительная обработка металлов резанием. М.: Издательство «Полиграфия», 2003. – 301 с.
2. Точение...Фрезой! СТАТЬЯ ИЗ РУБРИКИ: «ИНСТРУМЕНТ»  
<https://www.informdom.com/metalloobrabotka/2014/4/tochenie-frezoi.html>

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОТВЕРСТИЙ ПРИ СВЕРЛЕНИИ УГЛЕПЛАСТИКА

Чернакова Олеся Викторовна, студент кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail:olesya-chernakova@mail.ru

Левченко Дмитрий Сергеевич, студент кафедры «Технология машиностроения»,  
e-mail:levdimon47@mail.ru

Научный руководитель – Некрасов Вячеслав Николаевич, к.т.н., доцент, e-mail:sla44@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Актуальность и перспективность использования углепластика в машиностроении, а также других отраслях промышленности. Изучение способов обработки углепластика и основных требований к качеству обрабатываемой поверхности деталей, изготовленных из углепластика. Особенности механической обработки композитных материалов. Изучение процесса сверления отверстий в углепластике, а также применяемых при сверлении инструментов. Постановка цели и задач исследования.*

**Ключевые слова:** композитные материалы, механическая обработка, сверление, углепластик, обеспечение качества.

Углепластики - композитные материалы, наполнителем которых являются углеродные волокна. Углепластики имеют широкое применение в различных отраслях промышленности. Основные направления развития композитов - конструкционные материалы для автотранспорта и аэрокосмической промышленности. Наиболее распространенная область применения углепластиков - создание крупногабаритных элементов конструкций, в авиа- и космической технике. Кроме этого, углепластики применяются в судостроении, в сельхозмашинах, в нейтронном оборудовании, в станкостроении, для изготовления реакторов, в химическом машиностроении, в качестве нагревательных элементов, в криогенной технике, в электротехнической промышленности.

Высокая стоимость и сложность при обработке - причины по которым углепластики до сих пор не используются повсеместно, в любых областях деятельности.

Перспективность данного материала определяется следующими его свойствами:

- Низкая плотность.
- Высокая прочность и жесткость.
- Низкое значение коэффициента линейного термического расширения.
- Низкая ползучесть.
- Тепло- и электропроводность.
- Химическая инертность.
- Высокая радиационная стойкость.
- Высокая усталостная прочность.

В зависимости от вида углеродного армирующего наполнителя, его текстурной формы и геометрических размеров углепластики можно разделить на три группы:

- углеволокниты;
- углетекстолиты;
- углепресволокниты.

Углепластик имеет весомые преимущества перед алюминием: больший предел прочности, большая жесткость, при этом меньший вес, но при выборе режимов, инструментов и станков для обработки полимерных композиционных материалов возникают сложности. Основные дефекты определяются физико-механическими свойствами - низкой адгезионной связью полимерной матрицы с волокнами, ярко выраженной анизотропией свойств материала.

Процесс резания композиционных материалов должен отличаться от процесса резания металлов [1,5], так как во время механической обработки резанием композиционных материалов режущая кромка вызывает отслаивание волокон.

При обработке композитов рекомендуется использовать инструменты со специальными твердосплавными или алмазными покрытиями режущей кромки инструмента [2], а также

учитывать качество, способы заточки, конструкцию рабочих зон и геометрическую форму режущих кромок, которые бы обеспечивали обработку двух субстанций материала, из которых состоит ПКМ – высоковязкой полимерной матрицы и высокопрочного и высокомодульного наполнителя.

Необходимо учитывать теплофизические характеристики полимерных материалов, при их обработке максимальные температуры в зоне контакта детали с инструментом наблюдаются при средних скоростях резания, так как в этом случае увеличивается пластическая деформация. При высоких скоростях резания и минимальном тепловыделении полимер не переходит в пластическое состояние, что приводит к хрупкому разрушению в зоне резания - происходит локализация зоны разрушения и снижение температуры в зонах обработки.

Важным условием при резании композитов является острота режущей кромки инструмента, предотвращающая любое трение между инструментом и заготовкой. Также к минимуму нужно свести вероятность износа инструмента, поскольку разнообразные изменения геометрической формы режущей кромки приводят к росту температур в зоне резания и, в последствии, критическому износу кромки.

Геометрию инструментов следует подбирать таким образом, чтобы обеспечить легкое резание с минимальными силами резания, потому что эти параметры значительно влияют на прочность и стойкость инструмента, качество и точность обработанной поверхности [3].

Производительный и надежный процесс производства изделий из углепластика сможет обеспечить только индивидуальный подход к каждой отдельной операции. Сравнение и оценка любого из предлагаемых методов должна сопровождаться экономическими расчетами. Однако следует помнить, что по отношению к этому материалу главным показателем целесообразности применения того или иного способа обработки не всегда служит скорость съема материала.

Наибольшую трудность при изготовлении деталей из КМ составляют операции сверления отверстий, торцевое фрезерование, обработка плоскости и кромок.

Сверление - одна из наиболее распространенных операций механической обработки композитов. В плитах и пластинах - это сверление различных отверстий под крепежные элементы и для других эксплуатационных целей, в оболочках - это, главным образом, сверление большого количества сквозных и глухих отверстий для штифто-болтового соединения оболочки с другими элементами конструкции. При необходимости получения отверстий более высокой точности, а главным образом, более высокого качества их поверхности, иногда применяется операция развертывания.

Достаточно отметить, что трудоемкость сверлильных операций на некоторых изделиях достигает 70-80% от общей трудоемкости процесса механической обработки [4]. Естественно, что в этих условиях неправильный выбор режущего инструмента и режимов резания приводит к значительным издержкам.

Сверление отверстий в углепластиках производят как по направлению армирующих волокон, так и перпендикулярно им, выделяют сверление глухих и сквозных отверстий. У глухих отверстий торец должен быть перпендикулярен оси. Сверление отверстий в ПКМ рекомендуется осуществлять сверлами из быстрорежущих сталей и твердых вольфрамокобальтовых сплавов.

Существенное практическое значение имеет выбор оптимальных величин геометрических параметров сверл, так как эти параметры оказывают большое влияние на следующие характеристики: стойкость и прочность инструмента, составляющие усилий резания и деформацию.

Целью исследования является выбор инструмента и режимов резания для обеспечения качества обработанной поверхности при сверлении отверстий в углепластике.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Митясов Л.В., Особенности обработки углепластика. Главный механик №6 2018. 2018;6

2. Ярославцев В.М. Высокоэффективные технологии обработки изделий из композиционных материалов. Наука и образование: Электронное научное издание. Из-во ФГБОУ ВПО «МГТУ им Н.Э. Баумана». №1 2017- Москва.

3. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Том 1/Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. – 656 с.

4. Справочник технолога-машиностроителя. В двух томах. Том 2 /Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. – 496 с.

5. Раскутин А.Е., Хрульков А.В., Гирш Р.И., Технологические особенности механообработки композиционных материалов при изготовлении деталей конструкций (обзор). Электронный научный журнал «ТРУДЫ ВИАМ», 2016

## ПОДСЕКЦИЯ «ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА»

### ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ОДНОФАЗНОЙ ЛАТУНИ С ЖИДКИМ ГАЛЛИЕМ

Антипенко Анастасия Алексеевна, магистрант кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование», e-mail:nastasya.antipenko.99@mail.ru

Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,  
e-mail:anast\_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрены исследования взаимодействия однофазной латуни с жидким галлием на предмет использования этого диффузионно-твердеющего сплава в качестве пасты-припоя (металлического клея), который при затвердении в интервале температур 140–270 °С даёт температуру распая свыше 600 °С.*

*Ключевые слова:* латунь, галлий, пасты-припой, взаимодействие, реактивная диффузия, продукты взаимодействия.

При изучении взаимодействия жидких и твердых составляющих диффузионно-твердеющих композиционных припоев решаются такие вопросы как - возобновление ответственных конструкций и изделий; разработка новых технологий пайки различных металлов и других материалов.

Благодаря использованию галлия в роли основного компонента для паст-припоев можно добиться высокой смачиваемости поверхности. А также он активно взаимодействует с тугоплавкими металлами и их сплавами [1]. Но при этом высока вероятность получить пористую структуру.

Эксперимент проводили на 13 образцах с различными составами для термической обработки. В качестве исходного материала для образца были использованы обоймы из латуни в виде цилиндров с несквозным отверстием. Пасты с различным содержанием латуни (Л63) изготавливалась вручную путем смешивания жидкого галлия с порошками разной дисперсности в титановом тигле. Готовые образцы помещались в муфельную печь для изотермического нагрева от 8 до 100 часов при температурах 140, 200 и 270 °С.

После механической обработки поверхность образцов исследовалась с помощью оптического микроскопа *Axio Observer Zlm*, сканирующего электронного микроскопа *JEOL JSM 7001F* и микротвердомером ПМТ-3.

Благодаря *Axio Observer Zlm* удалось изучить кинетику фазообразования при контакте однофазной латуни с жидким галлием (рис. 1).

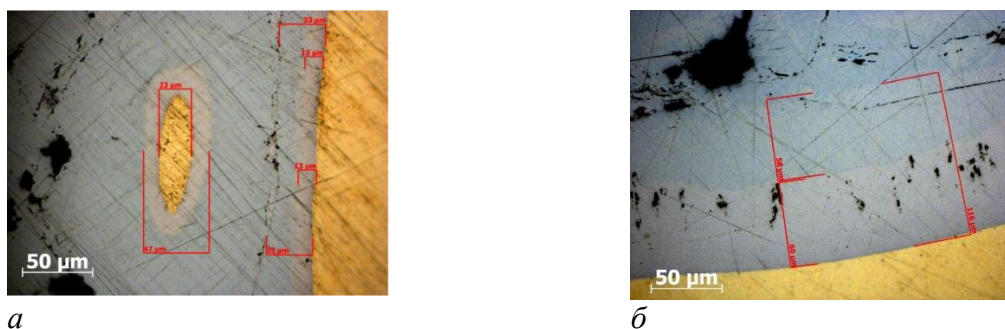


Рисунок 1 – Микроструктуры образцов: *a* – выдерживали при  $t = 140^{\circ}\text{C}$ , 20 ч.;  
*б* – выдерживали при  $t = 200^{\circ}\text{C}$ , 70 ч.

Микроструктура образцов состоит из основного металла, частиц порошка латуни и примыкающего к ним слоев интерметаллических фаз. Увеличение времени выдержки и температуры приводит к росту толщины диффузионного слоя, при этом структура интерметаллида не изменяется [4].

С помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) *JEOL JSM 7001* был определен элементный состав исходных материалов и диффузионных зон (рис. 2). По полученным данным построены в программе *Excel* концентрационные кривые распределения химических элементов по линии сканирования.

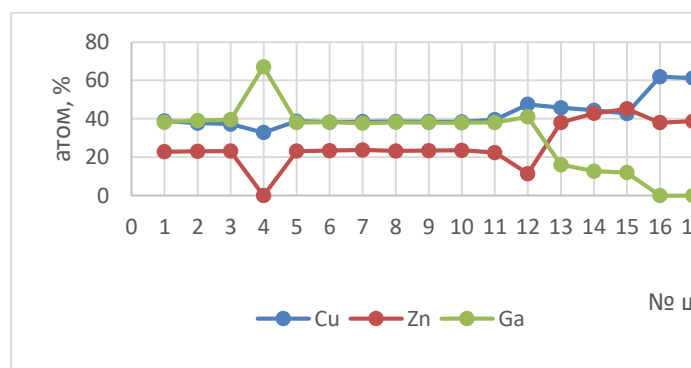
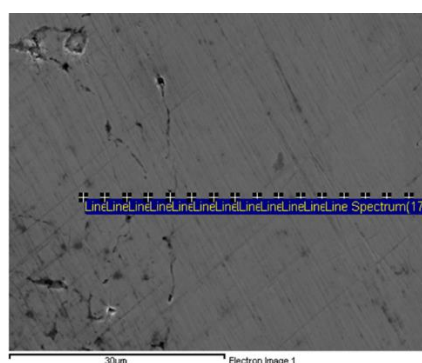


Рисунок 2 – Электронно-микроскопическое изображение: *a* – изображение переходной зоны Л63–Ga; *б* – концентрационные кривые распределения элементов

Анализируя концентрационные кривые распределения элементов, можно определить примерный состав в каждом интервале измерений. Так, например, с 17 по 16 точку обнаружен исходный сплав – Л63. Между 15 и 14 спектром, опираясь на диаграмму Cu–Zn [2], допускаем наличие  $\beta'$  фазы (Cu Zn). В диапазоне с 14 и по 11 спектр наблюдается наличие  $\text{Cu}_3\text{Ga}$ . С 5 по 3 спектр происходит резкое увеличение Ga, что говорит о наличии  $\text{CuGa}_2$ .

Важно то, что наличие атомов цинка в исходной твердой фазе (латуни) и исходной жидкой фазе (порошки латуни) в результате контактного взаимодействия этих разнородных фаз дает смесь хрупких кристаллов интерметаллида  $\text{Cu}_9\text{Ga}_4$  и относительно пластичного и достаточно «тугоплавкого» латуни с температурой плавления более  $900^{\circ}\text{C}$ , причем кристаллы латуни окружают кристаллы хрупких интерметаллидов.

Для подтверждения наличия данных фаз поверхность образцов изучалась с помощью микротвердомера ПМТ-3 (рис. 3).

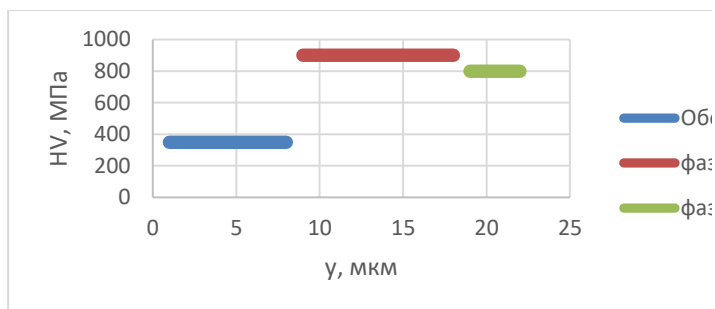
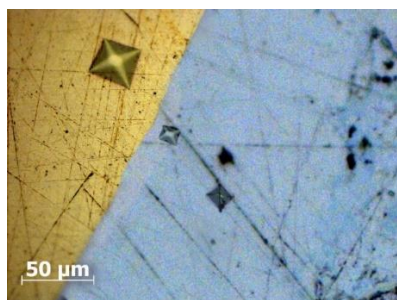


Рисунок 3 – Результаты исследований: *а* – микроструктура образца с отпечатками; *б* – распределение значений микротвердости на границе раздела фаз Cu–Ga

Для всех образцов значения микротвердости образовавшихся интерметаллических фаз выше значений основного материала. Микротвердость на границах раздела фаз меняется скачкообразно. На границе раздела между латунью и жидким галлием, образуется фазы  $Cu_3Ga$  с наибольшей твердостью 1400 МПа, т. к. твердость примерно соответствует этим значениям [3]. Данные по микротвердости структурных составляющих обозначены как предполагаемые. И подтверждают правильность определения образовавшихся фаз.

Так, в ходе исследований было установлено, что рост интерметаллидов подчиняется параболическому закону, где  $y$  – толщина слоя новых фаз,  $t$  – время контакта,  $P$  – параметр параболы (характеризует скорость роста, условный коэффициент реакционной диффузии).

В зависимости от температуры взаимодействия возможно определить продукты реакционной диффузии. В данном случае взаимодействие латуни с жидким галлием при температурах 140 °С, 200 °С и 270 °С образует промежуточную фазу  $Cu_9Ga_4$ .

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Казаков В.С. Разработка галлиевых паст-припоев для низкотемпературной пайки медных и титановых сплавов с керамикой: дис. канд. техн. наук: 05.03.06 / Казаков Владимир Сергеевич. – Красноярск, 2007. – 134 с.
2. Лашко Н.Ф. Пайка металлов I изд.: книга / Н.Ф. Лашко, С.В. Лашко; – М.: Металлургия, 1956. – 441 с.
3. Темных В.И. Взаимодействие композиционных составляющих галлиевых паст-припоев / В.И. Темных, В.С. Казаков, Е.В. Темных, Г.М. Зеер, А.К. Абкармян, П.А. Ростовцев // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. – Красноярск, 2012. – Т. 5, № 3. – С. 285–293.
4. Казаков В.С. Composite Multicomponent of Gallium Pastes-Solders / Журнал Сибирского федерального университета: Техника и технологии – Красноярск, 2012 г. т. 5, г. 3. 285 – 293.

#### КОРРОЗИОННОСТОЙКИЙ ЛИТЕЙНЫЙ АЛЮМИНИЕВЫЙ СПЛАВ

Астанина Надежда Сергеевна, магистрант кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование», e-mail: aist000@mail.ru

Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,  
e-mail: anast\_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрена значимость коррозионностойкого сплава в литейном производстве. Описаны преимущества сплавов из алюминия. Представлен коррозионностойкий литейный алюминиевый сплав и алюминево-кальциевый сплав на основе вторичного сырья. Описана информация о технических результатах изобретения этих сплавов, а также соотношения их компонентов.*



**Ключевые слова:** *алюминиевый, сплав, коррозионностойкий, литейный, технический результат, сопротивление коррозии, литейное производство.*

Как известно, наука не стоит на месте. Изю дня в тень в той или иной области формируются новые идеи, создаются новые передовые технологии, производятся новые, неизвестные ранее предметы/изделия или модернизируются прежние версии, согласно новым веяниям наук. Новые разработки присущи и литейному производству. Литейное производство является основной заготовительной базой машиностроения, а, следовательно, должно постоянно развиваться и совершенствоваться в ногу со временем.

Одним из основных требований к сплавам в литейном производстве является правильное сочетание хороших литейных свойств, таких как высокой жидкотекучести, небольшой усадки, малой склонности к образованию горячих трещин и пористости, с оптимальными механическими и химическими свойствами. К химическим свойствам относятся сопротивление коррозии. Чем дольше готовое изделие (деталь, запчасти и т.д.) прослужит в прямом своём назначении, не подвергаясь коррозии, тем лучше зарекомендует себя данное литейное производство, и тем самым будет являться более конкурентоспособным предприятием на данном рынке. Именно поэтому создаются коррозионностойкие сплавы, которые изобретатели стараются постоянно совершенствовать [1-3].

Главной составляющей этих сплавов является алюминий. Алюминий и его алюминиевые сплавы обладают высокой устойчивостью к коррозии, и поэтому его применяют во многих областях, как эффективный и универсальный материал. Не исключением является и литейное производство. Алюминий намного легче чугуна, а т.к. устойчив к коррозии, то не нуждается в защите своей поверхности, в отличие от того же чугуна, требующего оцинковки и окрашивания. Также алюминий намного дешевле, чем, например, нержавеющая сталь.

Так как главным условием подъема литейного производства является его технологическое переоснащение на новом техническом уровне с использованием современных технологических решений, обеспечивающее улучшение качества и повышение конкурентоспособности отливок, то для достижения этой цели был создан коррозионностойкий литейный алюминиевый сплав [1].

Данное изобретение относится к области металлургии материалов на основе алюминия и может быть использовано для изготовления отливок, предназначенных для получения деталей ответственного назначения, работающих в коррозионной среде при температурах до 300-350°C, в том числе деталей автомобильных двигателей (таких как головки цилиндров, корпуса водяных насосов, впускные трубы и т.д.), деталей судостроения, водозаборной арматуры, радиаторов отопления и пр.

Техническим результатом изобретения является создание нового экономнолегированного термостойкого коррозионностойкого алюминиевого сплава. Этот сплав предназначен для получения фасонных отливок сложной формы и обладает высокими и стабильными механическими свойствами, который не требует операции закалки в ходе проведения термической обработки, а также обладает повышенной коррозионной стойкостью по сравнению со сплавом-прототипом, допускающего в своем составе до 0,5% кремния (патент RU2672653 Коррозионностойкий литейный алюминиевый сплав) [1].

Технический результат достигается тем, что литейный сплав на основе алюминия, содержит не только железо, марганец, цирконий и скандий, а еще дополнительно содержит кальций и кремний (Таблица 1).

Таблица 1

	Кальций	Железо	Кремний	Марганец	Цирконий	Скандий	Алюминий
%	2,0-2,6	0,4-0,6	0,1-0,5	0,8-1,2	0,2-0,3	0,08-0,12	основа

К коррозионностойким литейным сплавам с подобными характеристиками и значимостью относится алюминиево-кальциевый сплав на основе вторичного сырья, который был опубликован 29 января 2021 года (патент RU2741874 Литейный алюминиево-кальциевый сплав на основе вторичного сырья) [1]. Технический результат данного сплава

достигается за счет того, что сплав на основе алюминия, содержит не только кальций, марганец, железо и кремний, а еще и дополнительно содержит медь и цинк (Таблица 2).

Таблица 2

	Кальций	Марганец	Железо	Кремний	Медь	Цинк	Алюминий
%	2,0-4,0	1,2-2,2	0,2-0,8	0,1-0,5	0,4-1,2	0,1-1,0	основа

Эти дополнительные элементы (кальций, кремний, медь, цинк) выполняют функцию модификаторов эвтектики, что благоприятно сказывается на механических свойствах сплавов, а, следовательно, повышают уровень сопротивления коррозии.

Коррозионностойкие сплавы постоянно модифицируются, ученые проводят всевозможные эксперименты с добавлением новых компонентов, чтобы достичь еще лучшего результата, который благоприятно будет влиять на конечный результат литейного производства и машиностроения в целом. Возможно, в будущем появится такой сплав, изделия из которого вообще не будут подвержены коррозии ни при каких условиях.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный институт промышленной собственности: официальный сайт. – Москва. – URL: <https://www1.fips.ru/>
2. Белецкий В.М. Алюминиевые сплавы. Состав, свойства, технология, применение: справочник / В.М.Белецкий, Г.А.Кривов. – К.: Коминтех, 2005. – 365 с.
3. Гаврилов Э.П. Право интеллектуальной собственности. Авторское право и смежные права. XXI век: моногр. / Э.П. Гаврилов. – М.: РГГУ, 2016. – 880 с.

### СПОСОБ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ СТЕРЖНЕЙ И ФОРМ ИЗ ХОЛОДНОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ

Видищева Анастасия Васильевна, магистрант кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование», e-mail:nastenka.98.2014@mail.ru

Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент, e-mail:anast\_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрено внедрение технологического процесса изготовления стержней из смеси на основе мочевино – формальдегидно – фурановом связующего БС-40. Который обеспечивает следующие преимущества: повышение размерной точности стержней и отливок за счет твердения смеси в контакте с оснасткой и отсутствием усадки, снижение трудоемкости изготовления стержней, так как смесь имеет высокую текучесть и обеспечивает легкое заполнение стержневых ящиков; снижение финишных операций и повышение качества отливки.*

**Ключевые слова:** карбамидо – фурановое связующее БС-40, ортофосфорная кислота, катализатор, живучесть.

Для приготовления смеси в качестве наполнителя используется кварцевый песок 1К20202. Песок, предварительно высушенный до остаточной влажности не более 0,5%, охлажденный до  $t^{\circ}=30^{\circ}\text{C}$  и просеянный через сито  $3\times 3$  мм. Применение песка с более высокой температурой снижает прочность и живучесть смеси. В качестве связующего используется карбамидо – фурановое связующее БС-40 в соответствии с ТУ 2223-002-78710702-2006. Катализатором служит ортофосфорная кислота  $\text{H}_3\text{PO}_4$  марки 'Б' по ГОСТ 10678-76.

Соотношение песка: смолы: кислоты при изготовлении смеси должно быть 100%:(1,3-3,5)%:(0,6-2,5)%. В летнее время соотношение зависит от качества материалов и  $t^{\circ}$  в цехе.

Если прочность смеси не соответствует требуемым значениям, то необходимо обратить внимание на дозировку составляющих (песка, связующего, катализатора). При этом

нужно учесть, что добавка связующего увеличивает прочность, а катализатора - увеличивает скорость отверждения, но уменьшает конечную прочность.

Возможность регулирования живучести и скорости твердения таких смесей крайне ограничена. Она может осуществляться только за счет изменения концентрации катализатора или его содержания в смеси [1].

Технологический процесс изготовления стержней из ХТС предъявляет основные требования подготовке стержневой оснастки: в зависимости от условий и серийности производства для изготовления стержней используют деревянные, пластмассовые или металлические стержневые ящики. Рабочая поверхность стержневого ящика не должна иметь забоины, вмятины. Сам ящик должен легко собираться и разбираться. Внутренняя полость и отъемные части должны быть очищены от пыли и примесей смеси.

В качестве разделительного покрытия применяется графит серебристый в количестве 30% и керосин осветительный в количестве 70%. Разделительное покрытие наносят ветошью. Чтобы предотвратить прилипаемость смеси, рабочую поверхность стержневого ящика покрывают разделительным покрытием. Разделительное покрытие наносят на чистую поверхность стержневого ящика тонким слоем, без потеков, наплывов и скоплений в углублениях, чтобы избежать увлажнения поверхности стержня и снижения его поверхностной прочности.

Время выдержки в стержневом ящике мелких стержней, весом до 10 кг, составляет 4-6 минут, средних стержней - 8-15 минут, а крупных стержней – от 30 до 50 минут. Сокращение выдержки в стержневом ящике достигается за счет: удаления отъемных частей, применения наколов, увеличения доступа воздуха к стержню.

Не допускается выдержка стержней в ящике до полного его отверждения, поскольку стержень теряет эластичность и его трудно извлечь из стержневого ящика без повреждений.

В целом, результаты испытаний показывают, что по сравнению с прототипом заявленный состав смеси и способ ее приготовления позволяют ускорить цикл формообразования, повысить прочность форм и стержней более чем в 2 раза, в особенности на ранних этапах формообразования, практически исключить осыпаемость форм и стержней, облегчить выбиваемость отливок. Это позволило значительно улучшить качество поверхности сложнопрофильных, тонкорельефных отливок из черных и цветных сплавов [2].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пат. 2 241 571, Российская Федерация, МПК В22С 1/16 (2000.01). Холоднотвердеющая смесь для изготовления литейных форм и стержней / Автор(ы): Афанасьев С.В. (RU), Махлай В.Н. (RU), Сайкин С.А. (RU), Барышева М.А. (RU), Кузьмичев Н.И. (RU), Тетерин Н.Е. (RU); Патентообладатель(и): ОАО «Тольяттиазот». - №2241571; Заявка: 2003127049/02, 08.09.2003; опуб. 10.12.2004.

2. Пат 2 469 813 Российская Федерация, МПК В22С/00 (2006.01). Смесь для изготовления литейных форм и стержней и способ ее приготовления (варианты) / Автор(ы): Знаменский Леонид Геннадьевич (RU), Ивочкина Ольга Викторовна (RU), Верцюх Сергей Сергеевич (RU), Солодянкин Анатолий Алексеевич (RU); Патентообладатель(и): Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (ГОУ ВПО "ЮУрГУ") (RU); Опубликовано: 20.12.2012, Бюл. № 35.

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В ПРОИЗВОДСТВЕ СТАЛЬНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ НА ПРЕДПРИЯТИИ ООО «ВИКИНГ» ПРИ ПОМОЩИ ВНЕДРЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОСКОРОСНОЙ ОБРАБОТКИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Волков Владимир Витальевич, магистрант кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве», e-mail:vladimir.volkov\_98@outlook.com

Научный руководитель - Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,  
e-mail:anast\_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Современная стратегия рыночных отношений ставит перед машиностроительными предприятиями задачу производства оборудования с наименьшими затратами, совместно с повышением качества производимой продукции. Для решения данных задач, значительную роль играет повышение эффективности технологии изготовления, в частности, при помощи внедрения и применения высокоскоростной обработки конструкционных материалов. Таким образом, совершенствование технологии изготовления является одним из основных составляющих для развития предприятия и повышения качества выпускаемой продукции, что делает вопрос данный вопрос актуальным.*

**Ключевые слова:** резервуары стальные, РГС, сосуды и аппараты, сварка под слоем флюса, автоматизация процессов.

Производственное предприятие ООО «ВИКИНГ» (г. Барнаул) активно работает на рынке Сибири, Урала и Дальнего Востока в сфере производства стальных резервуаров и металлоконструкций более 10 лет. Предприятие осуществляет производство емкостей, резервуаров, сосудов и аппаратов с номинальным объемом от 5 м<sup>3</sup> до 150 м<sup>3</sup>. В списке потребителей продукции предприятия такие известные организации, как Лукойл, Транснефть, Газпромнефть, РЖД и др. К резервуарному оборудованию данного класса (объемом до 150 м<sup>3</sup>) относятся резервуары РГС (резервуары горизонтальные стальные), их главное назначение – прием, хранение, аккумуляция, выдача воды, светлых и темных нефтепродуктов, кислот и других жидких веществ плотностью не более 1 т/м<sup>3</sup> [1].

На базовом предприятии резервуары изготавливаются сварными из листового проката вручную, с применением механизированной сварки в среде углекислого газа [2], характеризующейся значительными потерями времени и ресурсов, что также снижает эффективность базовой технологии изготовления продукции. В связи с ростом объема производства необходимо решить вопросы, связанные с повышением эффективности технологического процесса сборки и сварки резервуаров в условиях серийного производства.

Повысить эффективность технологического процесса возможно путем применения высокоскоростной обработки конструкционных материалов, в частности внедрением в технологию сварочного производства сварочных колонн для стыковки и сварки обечаек резервуаров, в совокупности с применением автоматической сварки под слоем флюса. Сварочные колонны [3] предназначены для крепления и перемещения сварочных головок для сварки прямолинейных и кольцевых швов сосудов или труб, а также для сварки продольных швов. Данное устройство применяется в сборочно-сварочных цехах при изготовлении корпусных, балочных, цилиндрических и других металлоконструкций. Помимо операций сварки, с помощью устанавливаемых головок возможно осуществлять наплавку, резку металла, а также другие технологические работы. Автоматическая сварка под слоем флюса [4] позволяет выполнять процесс наиболее производительно из-за возможности работы под высоким сварочным током, что приводит к более глубокому проплавлению свариваемого металла, а также обеспечивает легирование свариваемого металла необходимыми химическими элементами, что играет важную роль в свариваемости металла и обеспечением швов высокими механическими свойствами.

Путем внедрения сварочных колонн в совокупности с автоматической сваркой под слоем флюса, на предприятии ООО «ВИКИНГ» решаются следующие вопросы:

1. Отсутствие необходимости в содержании большого количества кадров. Поскольку управление сварочными колоннами требует меньшего количества трудозатрат, то необходимость в содержании большого количества сварщиков при стыковке обечайки резервуаров отсутствует.

2. Высокое качество шва. При сварке длина дуги и угол наклона горелки (как вдоль, так и поперёк стыка) будут постоянны. Скорость сварки остаётся неизменной на всём протяжении перемещения дуги, а траектория перемещения сварочной головки контролируется сварщиком, что позволяет получить ровный шов высокого качества.

3. Повышение общей производительности сварки. Данная автоматизация позволяет повысить интенсивность труда. Согласно статистике, среднее время сварки (время непосредственного горения дуги) при использовании ручного процесса сварки в среде защитных газов составляет не более 40-45% от общего рабочего времени, то есть всего 3-3,5 часа в смену. При использовании сварочных колонн время сварки увеличивается до 5-6 часов в смену.

4. Уменьшение сварочных деформаций. Вследствие точного поддержания параметров сварки (скорости сварки и напряжения дуги) возникает снижение общих деформаций конструкции после сварки.

5. Применение флюса повышает качество сварки благодаря образованию защитной плёнки вокруг зоны сварки и препятствует проникновению в неё окружающего воздуха. Также, флюс на поверхности расплавленного металла обладает низкой теплопроводностью и препятствует быстрому остыванию жидкого металла, благодаря чему газы и неметаллические включения успевают всплыть и выйти из сварочной ванны до того, как металл кристаллизуется.

6. Экономия сварочных материалов. При автоматической сварке под флюсом потери электродного металла не превышают 2-5% [5], так как угар металла и его разбрызгивание практически отсутствуют. В то время как, например, при ручной сварке потери металла из-за его угара и разбрызгивания достигают от 20% до 30%.

Введение такого рода инноваций в технологическом процессе изготовления резервуаров повышает производительность сварочных операций до трех раз, а также позволяет добиться более высокого качества сварного шва.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мустафин Ф.М. Резервуары для нефти и нефтепродуктов: том 1. Конструкции и оборудование: учебник для вузов / Ф.М. Мустафин, Р.А. Жданов, М.Г. Каравайченко и др. – Санкт-Петербург: Недра, 2010. – 480 с.

2. ГОСТ 14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры: дата введения 1977-07-01. – Москва: Издательство стандартов, 1991. – 43 с.

3. Кузнецов В.В. Металлические конструкции. В 3 т. Справочник проектировщика / В.В. Кузнецов. – Москва: АСВ, 1998. – 576 с.

4. ГОСТ 8713-79. Сварка под флюсом. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры: дата введения 1981-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2007. – 40 с.

5. Автоматическая дуговая сварка под слоем флюса: методические указания к практической работе / В.Д. Александров, В.Б. Безрук, Б.А. Кудряшов, М.В. Морщилов, Р.И. Нигметзянов. – Москва: МАДИ, 2014. – 28 с.

## МЕХАНИЗАЦИЯ И АВТОМАТИЗАЦИЯ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Дробот Валерий Михайлович, магистрант кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве», e-mail:valera.drobot.99@mail.ru

Научный руководитель – Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,  
e-mail:anast\_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрена сущность ультразвукового контроля сварных соединений, методика и область его применения, приведены преимущества и недостатки. Описана возможность и необходимость применения механизации и автоматизации ультразвукового контроля сварных соединений. Приведены условия, при которых рационально применение механизации и автоматизации. Проведен поиск патентной документации на наличие современных средств и устройств механизации и автоматизации ультразвукового контроля сварных соединений.*

**Ключевые слова:** неразрушающий контроль, ультразвуковой контроль, автоматизация, механизация, сварка, ультразвуковая дефектоскопия.

Ультразвуковой контроль (далее УК) сварных соединений в настоящее время получил широкое распространение в отраслях промышленности, где применяется соединение деталей с помощью сварки. Причиной этому служит простота и высокая мобильность осуществления контроля, безвредность для окружающей среды и возможность обнаружения различных типов дефектов при больших толщинах исследуемых материалов.

УК является методом неразрушающего контроля (далее НК), который основан на анализе прохождения ультразвуковых колебаний в проверяемых материалах, которые имеют способность отражаться от границ раздела или нарушений сплошности, обладающих иными акустическими свойствами. На экране дефектоскопа отражаются импульсы излученной и отраженной волн, а по их расположению и интенсивности делаются выводы о местонахождении, величине и характере сварного дефекта.

Исследование сварных соединений проводят по способу продольного и (или) поперечного перемещения преобразователя при постоянных или изменяющихся углах ввода и разворота луча.

С помощью УК выявляются поры, неметаллические включения, трещины, непровары, несплавления, расслоения наплавленного металла, вогнутость и выпуклость корня шва.

К преимуществу данного метода НК относятся: возможность обнаружения почти всех известных сварных дефектов; высокая чувствительность приборов; безопасность для здоровья человека и окружающей среды; компактность оборудования и приборов; возможность проведения контроля в любых условиях, благодаря переносным дефектоскопам.

К недостаткам УК относятся: необходимость подготовки поверхности контроля; возможность пропуска дефектов, расположенных перпендикулярно движению волны; трудности в определении вида дефекта; сложность контроля материалов с крупнозернистой структурой.

### **Механизация и автоматизация ультразвукового контроля сварных соединений**

Технологический процесс УК включает в себя ряд простых и сложных операций. Дефектоскопист перемещает по сложной траектории преобразователь в околошовной зоне по определенной траектории, непрерывно анализирует информацию на экране дефектоскопа, производя тем самым оценку качества сварного соединения. Такая напряженная работа непременно приводит к утомлению специалиста, из-за чего возможен пропуск дефектов.

Автоматизация контроля значительно повысит производительность и достоверность УК. Достоверность контроля достигается тем, что фиксация дефектов производится не визуальным дефектоскопистом, а за счет считывающего устройства, которое регистрирует тип, размер и расположение дефекта.

Автоматизации всегда предшествует разработка и внедрение средств механизации. Изначально отдельные операции ручного контроля должны быть заменены механизмами и устройствами с механическими двигателями. Достаточно механизировать основные контрольные операции, например, функции поиска и регистрации дефектов.

Важно отметить, что применение упрощенных устройств не должно влиять на точность контроля. Поэтому вид конструкции установки и оптимизации параметров автоматического контроля должны производиться на основе закономерностей статистического распределения дефектов в контролируемых изделиях по расположению, конфигурации, типу, величине и другим признакам (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Выбор уровня автоматизации контроля

Характеристика объекта контроля	Уровень автоматизации		
	Полная	Механизация	Ручной контроль
Величина потока однотипных изделий	Большая	Средняя	Малая
Протяженность швов	Большая	Средняя	Малая
Конфигурация околошовной поверхности	Плоская, цилиндрическая	Поверхность сложной конфигурации, радиусом $R > 300$ мм	Сложная поверхность
Типы соединений	Стыковые, угловые, тавровые (без конструктивных непроваров). Толщина более 15 мм	Стыковые, угловые, тавровые (без конструктивных непроваров). Толщина менее 15 мм	Швы с конструктивным непроваром, толщина менее 15 мм
Доступность околошовной зоны	300 мм	Ограниченная	Ограниченная
Наличие оборудованного участка	Есть	Нет	Нет
Уровень квалификации специалистов по УК	Высокий	Средний	Средний

Автоматизированное устройство для УК должно включать в себя следующие узлы: акустический блок с преобразователями и механизмом для их перемещения по поверхности контролируемого изделия; система слежения за сварным швом и качеством акустического контакта; электронный блок для генерирования зондирующих импульсов и приёма эхосигналов; систему подачи и сбора контактной жидкости; блок для обработки информации о дефектах; систему обратной связи для управления траекторией и скоростью сканирования в зависимости от полученной информации о дефекте и т.п.

#### **Поиск патентной документации на наличие современных средств и устройств автоматизации и механизации ультразвукового контроля сварных соединений**

Анализируя патентную документацию на сайте Роспатента – Федеральный Институт Промышленной собственности [2], можно найти много актуальных разработок устройств механизации и автоматизации ультразвукового контроля сварных соединений, что свидетельствует о потребности использования более производительного оборудования, которое облегчит и увеличит точность проведения НК. Рассмотрим несколько таких устройств.

Устройство ультразвукового контроля кольцевых сварных швов [3] используется для контроля кольцевых швов труб и цилиндрических поверхностей. Устройство конструктивно состоит из несущей основы, на которой закреплен аппаратный блок, в который входят ультразвуковые блоки с возможностью перемещения, средство подачи контактной жидкости, автономный источник питания, датчик пути и электронный блок, который выполняет функции формирования электрических сигналов и возбуждения колебаний в ультразвуковых блоках, приема, усиления и аналого-цифрового преобразования пришедших с них сигналов и содержащий средство передачи информации на внешнее устройство, при этом датчик пути

выполнен в виде гироскопа, размещенного в аппаратном блоке, а электронный блок дополнительно выполняет функцию преобразования угловой координаты, поступающей с гироскопа, в линейную координату положения ультразвуковых блоков. Данное устройство обеспечивает возможность достоверного ультразвукового контроля сварных кольцевых швов.

Роботизированный дефектоскоп для неразрушающего контроля трубопроводов [4], содержит средство доставки, на котором установлены электронный блок и датчик для ультразвуковой диагностики поверхности объекта контроля. При этом датчик для ультразвуковой диагностики выполнен в виде цифровой фазированной антенной решетки на электромагнитно-акустических преобразователях и имеет в составе датчик зазора для определения величины рабочего зазора. На роботизированном дефектоскопе установлен привод подъема датчика ультразвуковой диагностики для регулирования величины рабочего зазора и загрузки дефектоскопа через технологические люки трубопровода без повреждения датчика ультразвуковой диагностики.

Исходя из вышеперечисленных устройств видно, что современных условиях, когда требуется проведение контроля больших объемов сварных швов именно ультразвуковыми методами, актуальным является применение средств автоматизации и механизации УК, что позволит уменьшить время проведения контроля, увеличив тем самым производительность и точность обнаружения дефектов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алешин Н.П. Ультразвуковая дефектоскопия: Справочное пособие / Н.П. Алешин, В. Г. Лупачев. – Москва: Высшая школа, 1987 г. – 271 с.
2. Федеральный институт промышленной собственности [сайт] / Сайт Роспатента. – Москва, 2022. – URL: <https://www1.fips.ru> (дата обращения 27.03.2022).
3. Патент № 178358 U1 Российская Федерация, МПК G01N 29/00. Устройство ультразвукового контроля кольцевых сварных швов: № 2017116274: заявл. 10.05.2017: опубл. 30.03.2018 / Закрытое акционерное общество «Ультракraft». – 8 с.: ил. – Текст: непосредственный.
4. Патент № 197520 U1 Российская Федерация, МПК G01N 29/04. Роботизированный дефектоскоп для неразрушающего контроля трубопроводов: № 2019144272: заявл. 27.12.2019: опубл. 12.05.2020 / Акционерное общество «Диаконт». – 9 с.: ил. – Текст: непосредственный.
5. Патент № 2674525 C1 Российская Федерация, МПК B23K 35/368. Порошковая проволока: № 2018110986: заявл. 27.03.201 / Стрельников И.В.; заявитель и патентообладатель Стрельников И.В. – 14 с.

#### КОМПОЗИЦИОННАЯ СВАРОЧНАЯ ПРОВОЛОКА

Ерофеев Никита Сергеевич, магистрант кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве», e-mail:erofeev\_nikita99@mail.ru

Научный руководитель – Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,  
e-mail:anast\_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрена сущность композиционной сварочной проволоки, ее особенности, достоинства и недостатки, область ее применения. Описана возможность и необходимость применения композиционной сварочной проволоки, потребность в создании новых композиционных сварочных проволок с особыми свойствами. Проведен поиск патентной документации на наличие современных методов изготовления и инновационных по составу композиционных сварочных проволок.*

**Ключевые слова:** композиционная сварочная проволока, сварка, наплавка, изготовление, шихта.



Актуальность создания более качественных сварочных материалов возрастает в связи с возросшими требованиями по качеству и развитием промышленной отрасли в целом. Открытие композиционных материалов задало курс на развития и применения данной отрасли. Данные металлы обладают рядом преимуществ таких как: высокая прочность, значительная жесткость, малый удельный вес, сопротивление «старению материала», значительно меньшая подверженность износу. Все это не могло не затронуть сварочную отрасль, и в связи с этим привело к появлению композиционной сварочной проволоки. А в дальнейшем к ее применению и потребности в получении новых по составу проволок для решения производственных задач. Поэтому актуальность вопроса получения качественной композиционной проволоки весьма высока.

### **Композиционная сварочная проволока**

Композиционная проволока представляет собой присадочный или электродный материал для дуговой и электрошлаковой сварки и наплавки. Проволока состоит из трубчатой оболочки и наполнителя, содержащего металлические порошковые и провололочные компоненты.

Небольшой надежностью обладают проволоки имеющие оболочку из упрочняющихся при деформировании материалов: никеля, кобальта и их сплавов, а также из коррозионно-стойких сталей. Такие сварочные проволоки изготавливаются по традиционной технологии. Данные проволоки имеют высокую цену и низкое качество по причине окисления шихты при нагреве. В связи с этим, необходимо проводить термическую обработку проволоки, во избежание в сварном соединении формирования трещин, а, следовательно, нарушения герметичности шихты. Более высокой технологичностью, а также хорошей герметичностью и равномерным распределением шихты обладают композиционные проволоки, изготовленные из широкой ленты, сформированной в две оболочки. Но имеются трудности в изготовлении, так как оболочку таких проволок можно изготавливать только из тонких лент (толщиной до 0,3 мм). При применении более толстых лент (0,4...0,8 мм) [1], оболочка плохо формируется, что влияет на гидратацию шихты, а проволока при волочении часто обрывается.

В связи с развитием применения интерметаллических соединений с повышенными требованиями по качеству сварного шва, курс на создание и усовершенствование химического состава, способов изготовления композиционной сварочной проволоки является актуальным.

Анализируя патентную документацию на сайте Роспатента – Федеральный Институт Промышленной собственности [2], можно найти много актуальных методов изготовления и инновационных по составу композиционных сварочных проволок. Это говорит о том, что имеется потребность в создании композиционной сварочной проволоки с особым химическим составом и свойствами, а также проволок необходимых для создания качественного неразъемного соединения в условиях, где другие проволоки будут менее эффективны. Рассмотрим несколько таких устройств.

Композиционная [3] проволока для наплавки алюмоматричного интерметаллидного сплава может быть использовано для наплавки покрытий на металлические детали, в частности для изготовления изделий методом послойной аддитивной роботизированной наплавки. Суть данного изобретения заключается в том, что на поверхности алюминиевого стержня размещают композиционное покрытие, состоящее из металлической матрицы и распределенной в ней дисперсной фазой из смеси наноразмерных частиц карбидов и соединений редкоземельных металлов с размером частиц менее 1000 нм. В отличие от прототипа матрица покрытия выполнена из металла, который при расплавлении с алюминиевым стержнем образует интерметаллидные соединения, при этом композиционное покрытие содержит наноразмерные частицы карбидов и соединения редкоземельных металлов, мас. %: металлическая матрица - 55-96; наноразмерные частицы карбидов – 3,9-40; наноразмерные частицы соединений редкоземельных металлов – 0,1-5%.

Композиционная [4] сварочная проволока относится к сварочным и, в частности, к присадочным материалам для сварки плавлением, которые могут быть использованы для ре-

монта деталей газотурбинных двигателей, изготовленных из жаропрочных сплавов на основе никеля, кобальта и железа с применением аргонодуговой сварки неплавящимся электродом, лазерной, плазменной и микроплазменной ручной и автоматической сварки. Данная проволока, получается путем нанесения краски, содержащей бор и кремний, или различных методов напыления на стандартные сварочные проволоки с последующей их термообработкой. Разработанный метод обеспечивает низкую стоимость изготовления присадочной проволоки и высокую производительность процесса.

Композиционная проволока для дуговой наплавки является наплавочным материалом, в частности к порошковым и композиционным проволокам для дуговой наплавки [5]. Данная проволока состоит из никелевой оболочки, внутри которой находятся проволоочные компоненты из алюминия, вольфрама, молибдена, лента из тантала и порошкообразная шихта, содержащая хром и цирконий, а также микроразмерные порошки диборида титана и диоксида церия с размером частиц в диапазонах 10-30 мкм. Компоненты композиционной проволоки взяты в следующем соотношении, мас. %: никель 67-70, алюминий 10,5-12, хром 5,5-6,6, вольфрам 4,5-5,5, молибден 3,2-4,2, тантал 3,0-3,5, цирконий 1,3-1,8, диборид титана 0,45-0,8, диоксид церия 0,05-0,1. Проволока обеспечивает получение термо- и износостойкого наплавленного металла с высокой стойкостью к образованию трещин от повторного нагрева и трещин термической усталости в условиях циклического температурного воздействия в диапазоне температур 20-1150 °С.

Исходя из проанализированных изобретений, можно сделать вывод, что использование и создание новых композиционных сварочных проволок, может повысить прочностные свойства изделий, снизить их износостойкость и повысить прочность данных изделий.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Соколов Г.Н., Лысак В.И. Наплавка износостойких сплавов на прессовые штампы и инструмент для горячего деформирования сталей: монография. - Волгоград: РПК «Политехник», 2005. – 284 с.
2. Федеральный институт промышленной собственности [сайт] / Сайт Роспатента. – Москва, 2022 – URL: <https://www1.fips.ru>
3. Патент № 2766942 С1 Российская Федерация, СПК В23К 35/02. Композиционная проволока для наплавки алюмоматричного интерметаллидного сплава. № 2020141724: заявл. 16.12.2020/Паршин С.Г.; заявитель и патентообладатель Паршин С.Г. – 8 с.
4. Патент № 2613006 С2 Российская Федерация, МПК В23К 35/22. Композиционная сварочная проволока. № 2015108666: заявл. 24.10.2012 / Гончаров А.Б., Либурди Д., Лодуден П., Хэсти С.; заявитель и патентообладатель ЛИБУРДИ ИНЖИНИРИНГ ЛИМИТЕД Т.И. – 29 с.
5. Патент № 2711286 С1 Российская Федерация, СПК В23К 35/02. Композиционная проволока для дуговой наплавки и. № 2019121071: заявл. 03.07.2019 / Зорин И.В. , Соколов Г.Н., Дубцов Ю.Н., Лысак В.И., Фастов С.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ). – 12 с.

## СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ В ОБЛАСТИ КОНТАКТНОЙ ТОЧЕЧНОЙ СВАРКИ

Кошкарров Иван Сергеевич, магистрант кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве»,  
e-mail:ivan.koshkarov.99@mail.ru

Научный руководитель – Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,  
e-mail:anast\_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрен электрод, для контактной точечной сварки, который менее подвержен износу обладает, уменьшенным расходом ресурсов на его изготовление, а также имеет увеличенную площадь внутренней охлаждаемой поверхности. Приведено описание конструкции электрода с хвостиком, за счет которой и возрастает его стойкость и площадь охлаждения.*

**Ключевые слова:** электрод, эффективность охлаждения, циркуляция хладагента, расход материалов, трудоемкость.

Контактная точечная сварка получила значительное распространение во многих областях промышленности, особенно в автомобилестроении, и так как объемы производства продукции постоянно растут, то требуются новые технологические решения для повышения эффективности производства и уменьшения затрат на него. В статье будет рассмотрена конструкция электрода для контактной точечной сварки, который позволит сократить затраты производства и увеличить эффективность электрода, за счет изменения конструкции электрода.

Конструкция электрода с хвостиком устроена таким образом, что подающийся хладагент охватывает большую площадь охлаждения, по сравнению с прототипом, а также позволяет уменьшить теплообмен между потоками хладагента, что повышает эффективность охлаждения электрода. Этого достигается за счет того, что плоскость нижней части электрода имеет несколько закрытых канавок, которые разделяются перегородками с проемами в их краях, расположенные диаметрально противоположно, что и обеспечивает циркуляцию хладагента, кроме крайних канавок, которые служат окном для подвода и соответственно отвода хладагент. На данной поверхности также присутствуют периферийные кольцевая канавка и понижение под уплотнительный элемент, которые герметизируют зону циркуляции хладагента. В каналах под болты задний торец головки каждого из них упирается в свой уплотнительный элемент, который расположен в понижении канала, что помогают загерметизировать каналы. В уширении верхней части электрода выполнено гнездо, где его дном является торцевая поверхность ее без кольцевой канавки под уплотнительный элемент, размещенный в кольцевой канавке внутренней боковой поверхности этого гнезда и контактирующий с боковой поверхностью нижней части электрода, увеличивается площадь охлаждения поверхности нижней части электрода с увеличением длины ее канавок.. За счет этого уменьшается расход материалов на изготовление электродов, так как появляется возможность замены только наиболее изношенной части электрода, то есть нижней, с использованием старой верхней части [1].

Наибольший эффект охлаждения электродов верхней торцевой поверхности нижней части в зоне расположения поперечных канавок и проемов перегородок верхней части электрода. При каждом предельном износе он восстанавливается подрезкой его рабочего торца с уменьшением каждый раз осевой толщины до противоположной торцевой поверхности, чем повышается эффективность охлаждения и стойкость этого торца, которая максимальна при последней подрезке, дающей минимально допустимую осевую толщину у электрода. На рисунке 1 показан данный электрод с хвостиком для контактной точечной сварки [2–3].

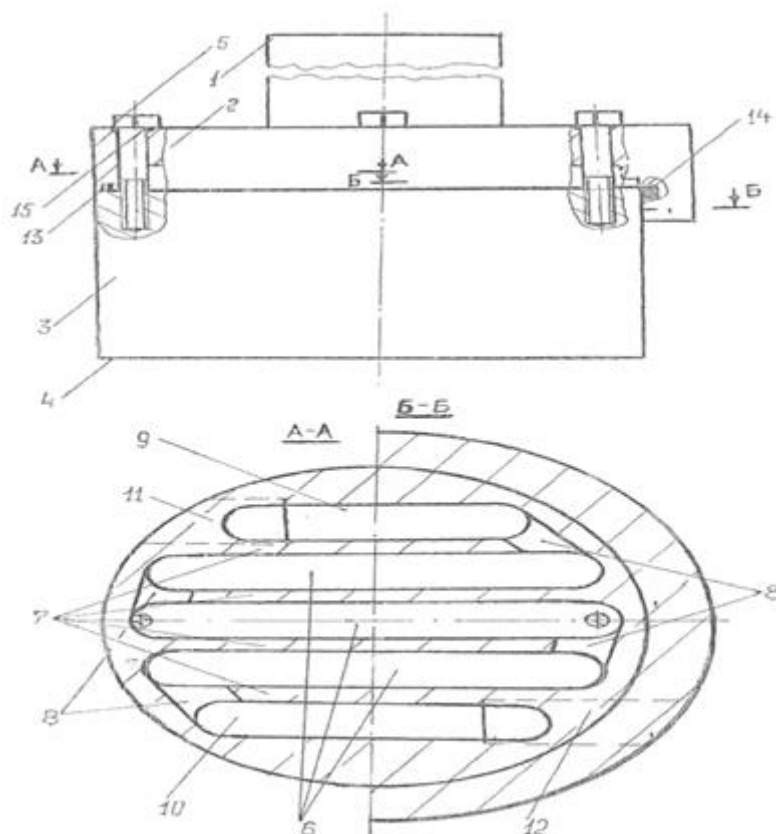


Рисунок 1 – Электрод с хвостиком для контактной точечной сварки

1 – верхняя часть с хвостиком; 2 – уширение; 3 – нижняя часть; 4 – рабочий торец;  
 5 – крепеж (болт); 6 – закрытые канавки; 7 – перегородки; 8 – проемы; 9 и 10 – крайние канавки; 11 – окно подвода хладагента; 12 – окно отвода хладагента; 13 – периферийные кольцевая канавка или понижение под уплотнительный элемент; 14 – кольцевая канавка под уплотнительный элемент; 15 – понижение под уплотнительный элемент

Данный электрод увеличивает охлаждаемую поверхность, как минимум, в 2,5 раза и стойкость в 1,5 раза по сравнению с прототипом. Экономия металла при потребности штатных электродов 12 шт., а предлагаемых 8 шт., с такой же длиной их нижних частей по соотношению объемов металла исходных заготовок равна 4,5 раза, то есть в 4,5 раза сокращается расход материала на изготовления и трудоемкость данного вида электрода по сравнению с другими электродами.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Катаев Р.Ф., Милютин В.С., Близник М.Г. Теория и технология контактной сварки. Екатеринбург: Издательство Уральского университета. Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ, 2015. 146 с.
2. Федеральный институт промышленной собственности: [Электронный ресурс]. URL: <https://www1.fips.ru> (Дата обращения: 18.03.2022).
3. Патент № 2723850 С1 Российская Федерация, СПК В23К 11/30. Электрод с хвостиком для контактной точечной сварки. № 2019141715: заявл. 12.12.2019 / Кожокин Т.И.; заявитель и патентообладатель Кожокин Т.И. – 7 с.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПОЛИМЕРНОЙ ИЗОЛЯЦИИ СТАЛЬНЫХ ТРУБ ГАЗОПРОВОДОВ

Мезенцев Данил Сергеевич, магистрант кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве», e-mail: ril.ax@yandex.ru

Научный руководитель - Киселев Вадим Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail: vadserkis@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Показаны возможности применения электрического контроля (ЭК) для диагностирования полимерной изоляции труб стальных газопроводов, определения месторасположения, размеров и характера дефектов в защитном покрытии трубопровода по НД, приведены объемы и нормы оценки качества изоляции по результатам ЭК. Показаны применяемые средства неразрушающего контроля (НК), вспомогательное оборудование и принадлежности.*

**Ключевые слова:** Электрический контроль, полимерная изоляция, адгезионная прочность, сплошность покрытия, электрический пробой.

Электрический контроль полимерной изоляции проводят в базовых и заводских условиях, а также перед протаскиванием стального газопровода по буровому каналу. Защита трубопроводов от коррозии должна обеспечивать их безаварийную работу на весь период эксплуатации.

Объемы и нормы оценки качества изоляции по результатам ЭК приведены в СП 42-101-2003, СП 42-102-2004, РД 153-39.4-091-01, ГОСТ Р 51164-98.

При электрическом контроле применялись следующие средства неразрушающего контроля (НК), вспомогательное оборудование и принадлежности:

- электроискровой дефектоскоп Константа Корона 2 со сменными электродами;
- адгезиметр покрытий СМ-1;
- мультиметр APPA 79 TrueRMS;
- толщиномер покрытий ТПФ-1200;
- измеритель сопротивления изоляции Uni-t UT502;
- образец-свидетель (плоский образец в изоляции);
- рулетка FISCO UM5M;
- угломер с нониусом тип 4;
- линейка измерительная металлическая с пределом измерения 300 мм.

Контроль сплошности должен осуществляться по всей поверхности покрытия искровым дефектоскопом с рабочим электродом в виде щетки из проволоки или кольца из проволоки со спиральной навивкой (рисунок 1).

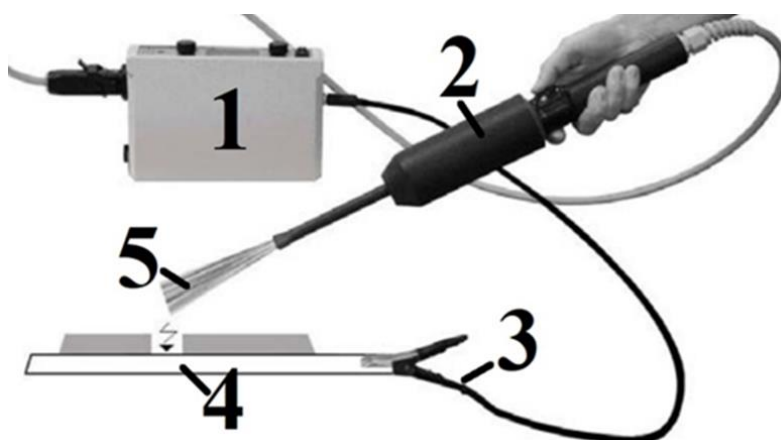


Рисунок 1 - Схема контроля сплошности изоляции электроискровым дефектоскопом  
1 - блок контроля с аккумулятором; 2 - высоковольтный трансформатор-держатель с кабелем; 3 - магнит, зажим типа «крокодил» и провод заземления;  
4 - экзаменационный образец; 5 - щеточный веерный электрод

Скорость перемещения рабочего электрода по контролируемой поверхности покрытия не должна превышать 0,5 м/с.

При нанесении любого защитного покрытия в заводских, базовых или трассовых условиях следует проводить визуальный контроль состояния покрытия (не допускаются вздутия, гофры, складки).

При нанесении полимерных лент и оберток следует контролировать ширину нахлеста смежных витков, которая при однослойном нанесении составляет не менее 3 см, при двухслойном покрытии наносимый виток должен перекрывать уложенный на 50% его ширины плюс 3 см.

Толщину защитного покрытия контролируют неразрушающими методами с помощью толщиномеров. Проверку толщины защитного покрытия проводят:

при заводском или базовом нанесении – на 10% труб и в местах, вызывающих сомнение, не менее чем в трех сечениях по длине трубы и в четырех точках каждого сечения;

при трассовом нанесении – не менее одного измерения на каждые 100 м трубопровода и в местах, вызывающих сомнение, в четырех точках каждого сечения.

Адгезию защитного покрытия после нанесения на трубопровод контролируют по методике приложения Б и методикам, предусмотренным НД на изолированные в заводских или базовых условиях трубы:

при трассовом нанесении – через каждые 500 м, а также в местах, вызывающих сомнение;

при заводском или базовом нанесении – на 2% труб, а также в местах, вызывающих сомнение.

Допускается контролировать адгезию мастичного покрытия методом выреза треугольника с углом около 60° и сторонами 3–5 см с последующим снятием покрытия ножом от вершины надреза.

Адгезия покрытия считается удовлетворительной, если вырезанный треугольник не отслаивается самостоятельно, а только с приложением усилия, при этом наблюдается когезионный характер отслаивания по всей площади трубы под вырезанным треугольником.

Прочность при ударе защитного покрытия контролируют по методике приложения А в заводских и базовых условиях на 2% труб, а также в местах, вызывающих сомнение; в трассовых условиях – в местах, вызывающих сомнение.

Сплошность защитного покрытия смонтированного трубопровода контролируют перед укладкой в траншею искровым дефектоскопом в соответствии с требованиями таблиц 2 и 3 ГОСТ Р 51164-98. Контролю подлежит вся внешняя поверхность сооружения.

В случае пробоя защитного покрытия проводят ремонт дефектных мест по НД на соответствующий вид защитного покрытия. Отремонтированные участки следует повторно проконтролировать.

Контроль сплошности защитного покрытия на уложенном и засыпанном трубопроводе, находящемся в незамерзшем грунте, проводят не ранее чем через две недели после засыпки искателем повреждений типа АНПИ, УДИП-1М или другим аналогичным прибором, после чего, в случае обнаружения дефектов, изоляция должна быть отремонтирована по НД на соответствующий вид покрытия.

Изоляционное покрытие на законченном строительстве участках трубопроводов подлежит контролю методом катодной поляризации (приложение Г ГОСТ Р 51164-98) на соответствие нормам таблиц 2 и 3 ГОСТ Р 51164-98. При несоответствии сопротивления изоляции этим требованиям необходимо установить места повреждения защитного покрытия, отремонтировать их по НД на соответствующий вид покрытия и затем провести повторный контроль.

Изоляция крановых узлов и фасонной арматуры, а также сварных стыков труб с заводской или базовой изоляцией должна по своим характеристикам соответствовать изоляции труб. Изоляцию мест подключения катодных, дренажных, протекторных установок, перемычек и контрольно-измерительных пунктов, а также восстановление изоляции на по-

врежденных участках проводят по НД с учетом требований ГОСТ Р 51164-98. Состояние защитного покрытия по сплошности контролируют на всей поверхности защитного покрытия этих деталей трубопроводов.

Контроль защитных покрытий трубопровода в условиях эксплуатации должен выполняться при комплексном обследовании интегральными и локальными методами их оценки.

Интегральная оценка защитных покрытий трубопровода должна выполняться на основании данных о силе тока установок катодной защиты и распределения потенциалов вдоль трубопровода, а также выборочно методом катодной поляризации.

Локальная оценка состояния защитных покрытий трубопровода должна производиться выборочно (согласно НД) осмотром изоляции в шурфах по результатам:

измерений потенциала методом выносного электрода сравнения и/или обследования искателем повреждений изоляции;

измерений продольного или поперечного градиентов потенциалов в грунте с прерыванием или без прерывания тока установок катодной защиты;

обследования участка трубопровода приборами внутритрубной дефектоскопии.

Допускается применение других методов для определения месторасположения, размеров и характера дефектов в защитном покрытии трубопровода по НД.

Все обнаруженные повреждения защитного покрытия должны быть устранены согласно НД и учтены в эксплуатационной документации с указанием места расположения дефекта на трубопроводе с погрешностью не более 1 м.

Сплошность покрытий труб в базовых и заводских условиях контролируют по всей поверхности приборным методом неразрушающего контроля с помощью искрового дефектоскопа при напряжении 4,0 или 5,0 кВ на 1 мм толщины покрытия после процесса изоляции труб, а также на трассе после ремонта покрытий трубопроводов, изоляции стыков и резервуаров в соответствии с требованиями СП 42-102-2004 (таблица 28) и РД 153-39.4-091-01.

Требования к покрытиям усиленного и нормального типа:

Диэлектрическая сплошность. Отсутствие пробоя при электрическом напряжении, 5 кВ/мм при помощи электроискрового дефектоскопа (п.17 таблицы 2 и п.9 таблицы 3 ГОСТ Р 51164-98).

Перед протаскиванием стального газопровода по буровому каналу проверяют диэлектрическую сплошность изоляционного покрытия трубопровода искровым дефектоскопом на отсутствие пробоя при электрическом напряжении не менее 5 кВ на 1 мм толщины защитного покрытия (СП 42-101-2003).

Нарушение целостности изоляционного покрытия не допускается. Результаты электрического контроля фиксируются в журнале учета работ по электрическому контролю. Результаты ЭК готовых полимерной изоляции фиксируют в журнале и в протоколе по результатам электрического контроля.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП 42-101-2003 - Общие положения по проектированию и строительству газораспределительных систем из металлических и полиэтиленовых труб.
2. СП 42-102-2004 - Проектирование и строительство газопроводов из металлических труб.
3. ГОСТ Р 51164-98 - Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии.
4. РД 153-39.4-091-01 - Инструкция по защите городских подземных трубопроводов от коррозии.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ РАМЫ РАДИАЛЬНОГО БОРТА ХОККЕЙНОЙ КОРОБКИ

Могиленко Данила Иванович, магистрант кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве», e-mail: danila.mogilenko@mail.ru

Научный руководитель - Собачкин Алексей Викторович, к. т. н., доцент, e-mail: anicpt@rambler.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В настоящее время стратегия рыночных отношений ставит перед машиностроительными предприятиями задачу производства продукции с наименьшими затратами, совместно с повышением качества производимой продукции. Для решения данных задач значительную роль играет повышение эффективности технологии изготовления, в частности, при помощи внедрения применения кондуктора для сборки и сварки рамы радиального борта хоккейной коробки. Таким образом, совершенствование технологии сборки и сварки является одной из основных составляющих для развития предприятия и повышения качества выпускаемой продукции, что делает данный вопрос актуальным.*

**Ключевые слова:** рама радиального борта, хоккейная коробка, механизированная сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа.

Хоккейная коробка предназначена для проведения тренировок и соревнований по хоккею. Она представляет собой сборную конструкцию, состоящую из секций бортов, опор и оргстекла, которые фиксируются между собой при помощи болтовых соединений.

В настоящее время для обозначения границ хоккейного поля используют металлические рамы бортов, обшитые пластиком, которые пришли на смену ограждениям хоккейной коробки из фанеры или дерева, конструкция которых быстро приходила в негодность за 1-2 сезона эксплуатации, но стоила дешевле. В современных хоккейных бортах для повышения травмобезопасности спортсменов во время проведения хоккейного матча применяется ударопрочный листовой полиэтилен высокой плотности (низкого давления) HDPE толщиной от 4 до 12 мм. Все элементы закрепляют только на надежный металлический каркас, что позволяет выдержать нагрузки в процессе эксплуатации, а их не мало, к примеру, падения игроков, постоянное задевание клюшками, удары шайбы.

Предлагаемая конструкция радиального борта хоккейной коробки представляет собой стальную раму, собранную из профильной трубы и стоек, обшитую пластиковыми панелями с отбойной пластиной желтого цвета в нижней ее части (рис. 1).

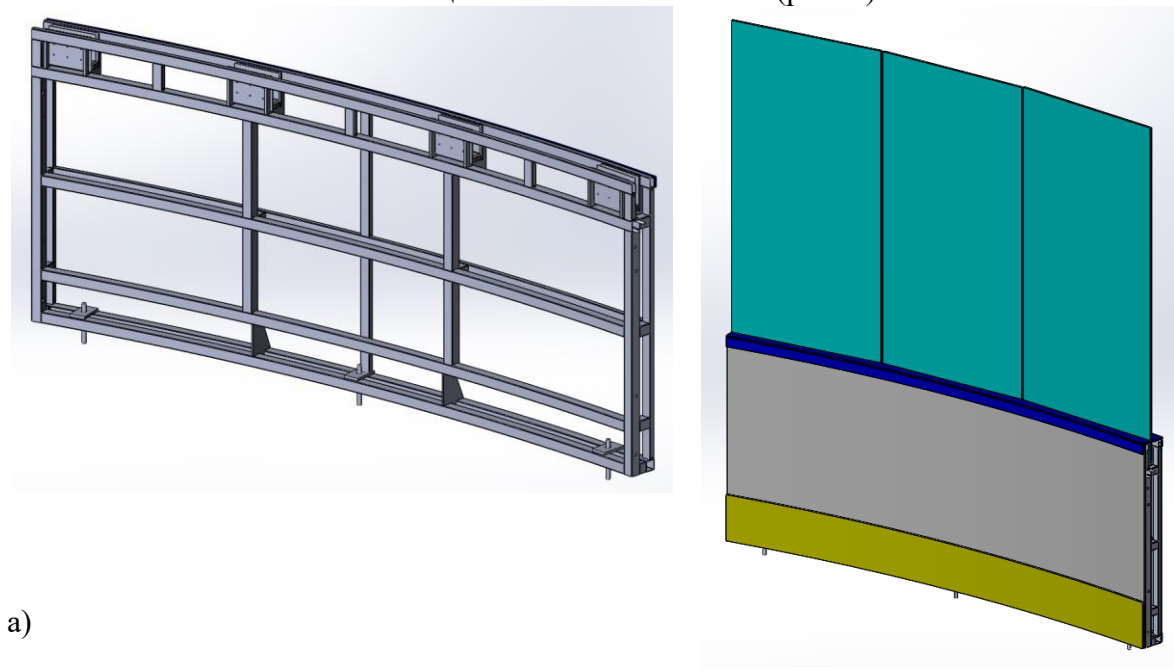


Рисунок 1- Макет рамы радиального борта: а) – рама; б) – обшитая пластиком секция радиального борта с установленным защитным стеклом



Для защиты зрителей от выноса шайбы за пределы поля радиальные борта снабжаются листами из полиметилметакрилата или закаленными стеклами. Радиальные борта проектируются в соответствии с жесткими требованиями технического регламента КХЛ [1], а также ГОСТ Р 58729-2019 [2].

Опытная сборка стальных рам радиальных бортов происходит в кондукторе (рис. 2), заготовки из профильной трубы фиксируются струбцинами и собираются на прихватки, рама вынимается из кондуктора и выполняется механизированная сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа.

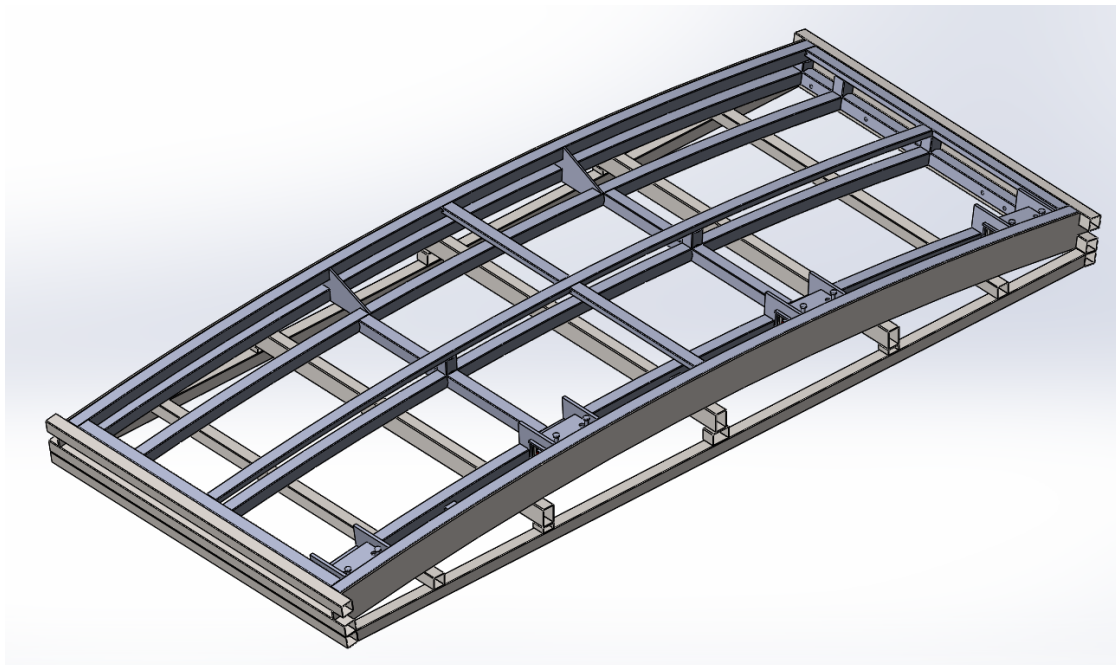


Рисунок 2 - Макет кондуктора для сборки рам радиальных бортов

Для обеспечения высокой стабильности процесса сварки предварительно проводится технологический контроль показателей качества электроэнергии в соответствии с рекомендациями [3]. Напряжения, возникающие в рамах радиальных бортов, измеряют методами тензометрии [4]. Готовые рамы обрабатываются горячим оцинкованием с целью предотвращения коррозии.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технический регламент КХЛ / Регламент КХЛ. Сезоны 2021/2022, 2022/2023, 2023/2024, 2024/2025 [Электронный ресурс]. – URL: [https://www.khl.ru/documents/KHL\\_technical\\_regulations\\_2021.pdf](https://www.khl.ru/documents/KHL_technical_regulations_2021.pdf) (Дата обращения: 10.04.2022).
2. ГОСТ Р 58729-2019 Ограждения ледовых хоккейных площадок. Технические условия. Дата введения 01.09.2020. Москва: Стандартинформ, 2020. – 32 с.
3. Хомутов С.О., Попов А.Н., Сейдулов М.Н. Влияние показателей качества электроэнергии в питающей сети на работу сварочного оборудования // Сварка и диагностика. – 2020. – № 5. – С. 45–48.
4. Бодров И.М., Сейдулов М.Н. Исследование сопротивления усталости и ресурсные испытания сварного узла стены боковой полувагона // Электрофизические методы обработки в современной промышленности. Специальный выпуск: Аддитивные технологии. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2020.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ УГЛА НАКЛОНА ЭЛЕКТРОДА НА ФОРМИРОВАНИЕ ШВА ПРИ СВАРКЕ В НИЖНЕМ ПОЛОЖЕНИИ

Новиков Никита Андреевич, магистрант кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве», e-mail: nikitinov98@mail.ru

Научный руководитель - Шевцов Юрий Олегович, к.т.н., доцент, e-mail: yuoshevtsov@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Проведено экспериментальное определение влияния угла наклона электрода при сварке пластин в нижнем положении. Сварные соединения выполнены с помощью ручной дуговой сварки покрытыми плавящимися электродами. Согласно полученным результатам установлено влияние угла наклона электрода на формирование шва.*

**Ключевые слова:** ручная дуговая сварка, стыковое соединение, покрытый электрод, пространственное положение, формирование шва.

В настоящее время изготовление сложных металлоконструкций редко обходится без применения операций сварки. Сварка может выполняться как на монтаже, так и в цеху. При этом пространственное положение свариваемых деталей регламентируется нормативной документацией [1]. Известно, что наиболее благоприятным пространственным положением при сварке стыковых соединений для качественного формирования сварного шва является нижнее положение свариваемых деталей.

Однако в то же время существует три положения по отношению к направлению сварки: сварка «углом вперед»; сварка «под прямым углом»; сварка «углом назад», рисунок 1 [2].

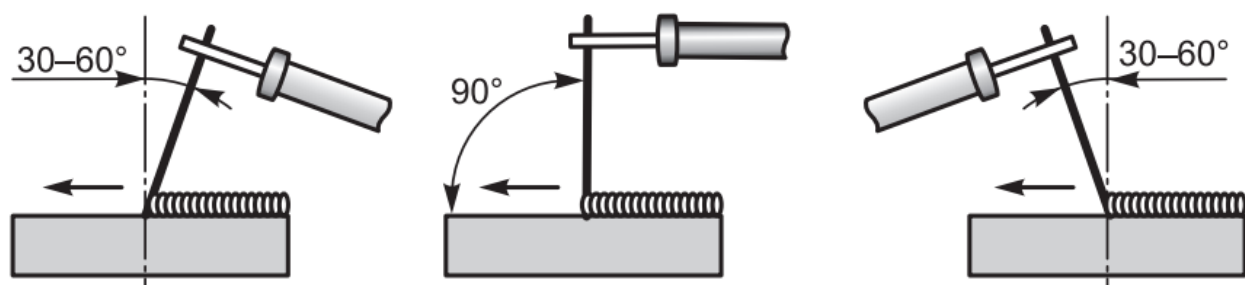


Рисунок 1 – Положения электрода при сварке

Угол наклона электрода сказывается на сварочной дуге, которая в свою очередь воздействует на образующийся в процессе плавления электрода жидкий шлак [2]. Жидкий шлак обеспечивает защиту сварочной дуги и жидкой ванны металла шва от окружающей среды, поддерживает в жидком состоянии металл шва более длительное время, оказывая тем самым влияние на формирование сварного шва. Более длительное пребывание металла шва в жидком состоянии позволяет сформироваться валику правильной формы, с плавным переходом к основному металлу.

В связи с этим было проведено экспериментальное определение влияния положения электрода при сварке в нижнем положении на формирование шва.

Для исследования были выбраны пластины размером 120×120 мм из листового проката, изготавливаемого из стали марки Ст5сп [3]. Сварка выполнялась ручными покрытыми электродами МР-3.

Стыковое соединение пластин собиралось на прихватках по торцам. Далее на рекомендованных режимах выполнялась сварка листов. По окончании сварки была произведена вырезка образцов и их травление. По результатам исследования образцов можно выделить следующие характерные особенности:

– при сварке «углом вперед» - расплавленный шлак скапливается впереди электрода, натекает на основной металл, что мешает процессу сварки. Снижается стабильность горения дуги и глубина проплавления, ширина шва максимальная, рисунок 2, а;

– при сварке «под прямым углом» - жидкий шлак вытесняется по обе стороны сварочного валика более тяжелым жидким металлом шва и оказывается за сварочной ванной, обеспечивая необходимую защиту ванны. Глубина проплавления средняя, ширина шва средняя, рисунок 2, б;

– при сварке «углом назад» - наклон электрода способствует полному вытеснению жидкого шлака назад. Это приводит к отставанию жидкого шлака от сварочной ванны и более быстрому остыванию металла шва. Глубина проплавления максимальная, ширина шва минимальная, рисунок 2, в.

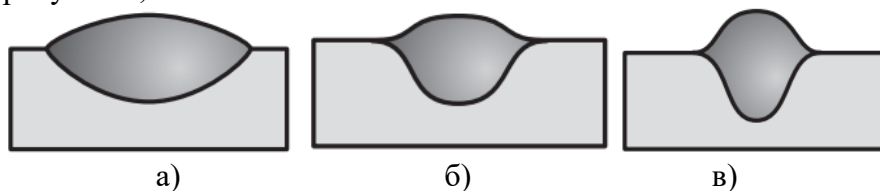


Рисунок 2 – Схема формирования шва в зависимости от угла наклона электрода

Выводы:

1. Показано, что положение электрода при сварке в нижнем положении оказывает влияние на формирование сварного шва;
2. Установлено, что использование определенного положения электрода может быть применено для формирования сварного шва требуемого профиля.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ Р ИСО 6947-2017 Сварка и родственные процессы. Положения при сварке. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 18 с.
2. Ручная дуговая сварка: учебник / В.Г. Лупачёв. – 4-е изд., стер. – Минск: Высшая школа, 2014. – 416 с.: ил.
3. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества: дата введения 2008-07-01. – Москва, 2009. – 7 с.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОПЫТНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПОДАЮЩИХ СТОЛОВ МНОГОПИЛЬНЫХ СТАНКОВ

Ридель Никита Александрович, магистрант кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве», e-mail:nik.ridel.2000@mail.ru

Научный руководитель – Сейдуров Михаил Николаевич, к.т.н., доцент, e-mail:seidurov@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Исследован маршрут технологического процесса изготовления на предприятии ООО «Завод «ЭНЕРГОТЕХ» (г. Барнаул) опытного образца секции подающего стола модели С35 2Г\_В. Предложена много-стадийная отработка сварной конструкции на технологичность. Для усовершенствования технологического процесса рекомендовано согласование с одновременной отработкой технологии сборки и сварки непрерывно на всех стадиях разработки конструкции изделия.*

**Ключевые слова:** опытное производство, подающий стол, многопильный станок, технологичность.

Подающие столы, относящиеся к группе пристаночного оборудования для лесопиления, предназначены для непрерывной подачи бревен в многопильные станки [1]. Многопильные станки используют для получения готового пиломатериала. Они отличаются высокой точностью и производительностью, за один прогон через режущий инструмент можно получать несколько досок.

Широкая номенклатура многопильных станков, а также различные условия эксплуатации и индивидуальные требования заказчика приводят к необходимости проектирования и опытного производства подающих столов с различными геометрическими параметрами и

конструктивными элементами. В настоящее время полный цикл проектно-конструкторских и производственно-технологических работ выполняется на предприятии ООО «ЭНЕРГОТЕХ» (г. Барнаул).

Целью работы является исследование маршрута технологического процесса изготовления опытного образца секции подающего стола и предложение рекомендаций по его усовершенствованию для серийного производства.

Подающий стол модели С35 2Т\_В представляет собой набор из 3 секций (рисунок 1) длиной 2,4 м, соединенных между собой при помощи болтовых соединений. Данный тип конструкции обеспечивает продукции мобильность, простоту монтажа и обслуживания на объекте заказчика, а также надежность на весь срок эксплуатации изделия.

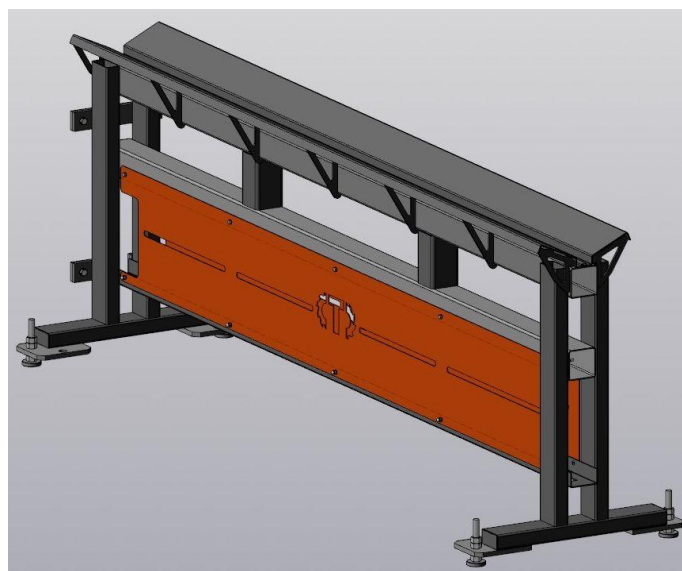


Рисунок 1 – Макет секции подающего стола модели С35 2Т\_В

Конструктивно каждая секция состоит из рамы (рисунок 2, поз. 1). Рама является основной частью несущей конструкции, на которой закрепляются все основные составляющие изделия, а также рама обеспечивает необходимую жесткость, прочность и надежность подающего стола. К раме привариваются две опорные ноги (рисунок 2, поз. 2). В данном исполнении конструкции опорные ноги обеспечивают устойчивость изделия, а также позволяют выдерживать вес бревен до 800 кг с запасом. Листовые вставки (рисунок 2, поз. 3) предназначены для предотвращения опрокидывания бревна со станка при его продольном перемещении. Листовые вставки привариваются к раме изделия, а также при помощи накладки (рисунок 2, поз. 4) свариваются между собой. Для обеспечения жесткости листовых вставок к ним привариваются кронштейны (рисунок 2, поз. 5) с шагом 400 мм. Для быстрого соединения секций между собой к опорным ногам привариваются перемычки (рисунок 2, поз. 6). Поддержка цепи (рисунок 2, поз.7), предназначенная для предотвращения чрезмерного провисания цепи, приваривается к опорным ногам. Защитные кожухи (рисунок 2, поз. 8) устанавливаются на изделие и обеспечивают защиту цепи. Для регулировки станка в горизонтальном положении на опорные ноги устанавливаются регулировочные опоры (рисунок 2, поз. 9). Сборка секций столов осуществляется при помощи специализированной оснастки.

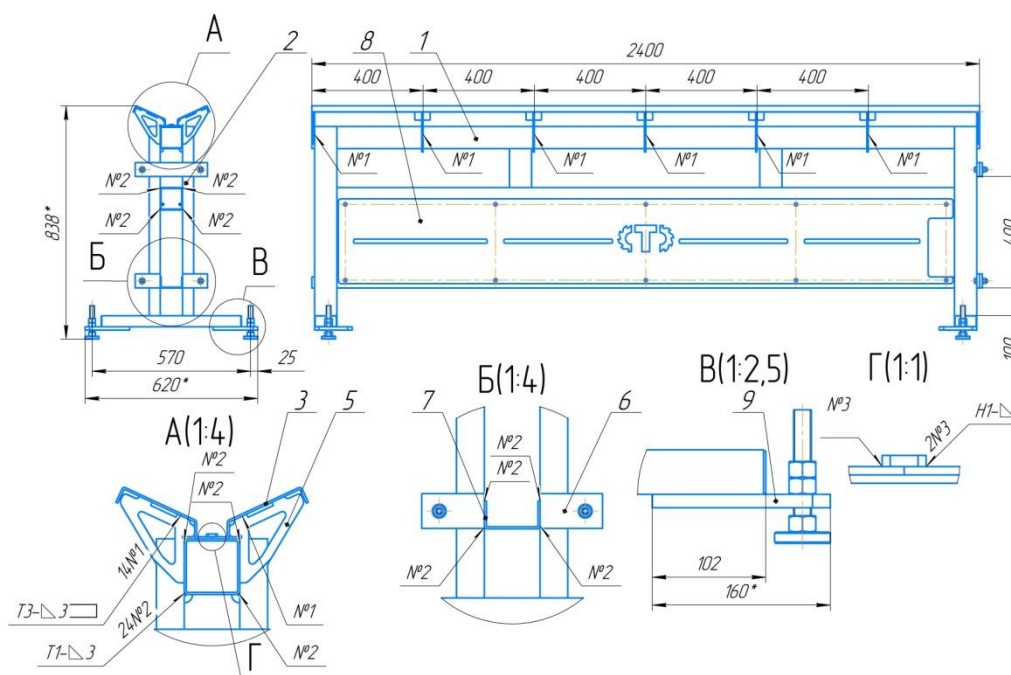


Рисунок 2 – Сборочный чертеж секции подающего стола модели C35 2T\_V

Марка стали, применяемая для данной конструкции, Ст3пс по ГОСТ 16523-97 толщиной от 3 до 12 мм. В данном изделии все сварные швы односторонние и не имеют большой протяженности. Применяется механизированная сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа в смеси с кислородом (95% CO<sub>2</sub> + 5% O<sub>2</sub>) [2]. Используется сварочная проволока Св-08Г2С диаметром 1,2 и 1,6 мм по ГОСТ 2246-70. Параметры режимов сварки (таблица 1) изменяются в зависимости от толщины металла и пространственного положения.

Таблица 1 – Параметры режимов сварки

Толщина металла, мм	Диаметр проволоки, мм	Сила сварочного тока, А	Напряжение сварки, В	Скорость сварки, м/ч
3	1,2	150-200	23-25	25-40
от 4 до 6	1,6	200-400	25-36	25-60
от 6 до 9	1,6	200-450	25-38	20-50
от 9 до 12	1,6	300-500	28-40	15-30

Для обеспечения данных режимов сварки и рекомендаций [3] на предприятии применяется сварочный выпрямитель марки Кедр MultiMIG-500 в комплекте с механизмом подачи сварочной проволоки Кедр MultiMIG-500P (рисунок 3).



Рисунок 3 – Сварочный полуавтомат Кедр MultiMIG-500

После окончания сварки все сварные швы зачищаются и подвергаются визуальному и измерительному контролю по СТО 9701105632-003-2021. Визуальный и измерительный контроль назначается с целью выявления дефектов сварных соединений, что позволяет обеспечить надежность и долговечность изделия. После проведения контроля сварных соединений подающий стол покрывают защитной эмалью, которая предотвращает появление коррозии.

Таким образом, с помощью системы КОМПАС-3D v20 проектируется трехмерная модель деталей и сборочных единиц изделия, оформляется конструкторская документация в соответствии с требованиями ЕСКД (70% эффекта от технологичности). Образец изделия запускается в опытное производство. Подающий стол проверяется на технологичность конструкции, определяется стабильность работы и удобство в эксплуатации. Опытный образец дает возможность выявлять недоработки конструкции при проектировании (20% эффекта от технологичности). После окончания опытных испытаний все замечания описываются в системе ERP Битрикс24, далее проектировщик проводит ряд необходимых конструктивных изменений (10% эффекта от технологичности) и изделие запускается на серийное производство.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 12.2.026.0-2015. Оборудование деревообрабатывающее. Требования безопасности к конструкции (с Поправкой): дата введения 2017-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 39 с.
2. ГОСТ Р ИСО 14175-2010. Газы и газовые смеси для сварки плавлением и родственным процессом: дата введения 2012-01-01. – Москва: Стандартинформ, 2011. – 14 с.
3. Хомутов С.О. Влияние показателей качества электроэнергии в питающей сети на работу сварочного оборудования / С.О. Хомутов, М.Н. Сейдуров, А.Н. Попов // Сварка и диагностика. – 2020. – № 5. – С 45-48.

#### ЭЛЕКТРОД ДЛЯ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СТАЛЕЙ

Чувашов Сергей Михайлович, магистрант кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве», email:inescapable.99@mail.ru

Научный руководитель – Попова Анастасия Александровна, к.т.н., доцент,  
email:anast\_82@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрен состав электрода для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей. Описаны недостатки и необходимость в изменении состава электрода. Приведен сравнительный анализ свойств и химического состава электрода. Проведен поиск патентной документации на наличие современных технологий изготовления электрода для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей.*

**Ключевые слова:** Электрод, высоколегированная сталь, состав, покрытие, свойство.

Электрод – металлический стержень, покрытый обмазкой, которая представляет особый состав. Входящие в состав вещества имеют низкий потенциал ионизации. Это свойство способствует исключению из состава шва примесей и неметаллических включений, ухудшающих качество соединения [1].

Входящие в состав раскислители связывают кислород, удаляя его из жидкого металла сварочной ванны. Основными раскислителями, входящими в состав обмазки электрода являются: марганец, кремний, титан, алюминий и многие другие элементы, имеющие сродство с кислородом, нежели железо.

Для сварки высоколегированных жаропрочных и жаростойких сталей применяются электроды, стержень которых покрыт составом, содержащим рутиловый концентрат или диоксид титана, мрамор, доломит, ферромарганец или марганец, хром или феррохром, хромовокислый калий, слюду мусковит и соду.

Они обладают недостатком, связанным с неспособностью формирования обратного валика, который необходим при сварке в труднодоступных местах, где требуется усиление сварного шва при сварке с одной стороны.

Близким по назначению является электрод марки ОЗЛ-6 типа Э-10Х25Н13Г2 [2].

Электроды марки ОЗЛ-6 состоят из стержня-проволоки марки 07Х25Н13 и электродного покрытия, содержащего компоненты, массовую долю (таблица 1).

Таблица 1 – Состав электродного покрытия электрода ОЗЛ-6

Компонент	Массовая доля, %
Мрамор	42-43
Плавленогошпатовый концентрат	*
Ферромарганец	4-5
Ферромарганец	*
Порошок алюминиевый	2
Слюда мусковит	2-3
Поташ	0,5-1,0

\*Количество хрома в покрытии зависит от содержания хрома в проволоке (стержне) и корректируется за счет содержания в покрытии плавленогошпатового концентрата (50% – количество хрома в покрытии) (таблица 2).

Таблица 2 – Содержание хрома и плавленогошпатового концентрата

Количество хрома в проволоке, %	23	26
Количество хрома в покрытии, %	10	5
Количество плавленогошпатового концентрата в покрытии, %	40	45

Электроды с таким покрытием обеспечивают механические и коррозионные свойства соединений по типу Э-10Х25Н13Г2 согласно ГОСТ 10052 и удовлетворительные сварочно-технологические свойства.

Недостатком данных электродов является изменение сварочно-технологических свойств (стабильность горения дуги, качество отделения шлака, тугоплавкость покрытия), происходящее из-за корректировки плавленогошпатового концентрата, что в свою очередь не обеспечивает формирование обратного валика при сварке корневых швов.

#### **Поиск патентной документации на наличие современных электродов для сварки высоколегированных сталей**

Проведя анализ патентной документации на сайте Роспатента – Федеральный Институт Промышленной собственности [3], были найдены актуальные разработки электродов для сварки высоколегированных, что свидетельствует о потребности использования более производительных материалов для ручной дуговой сварки, которые повысят стабильность и способствуют выполнению требований к электродам. Рассмотрим несколько таких электродов.

Опытная партия электродов с разработанным покрытием, из-за аналогичности их назначения по свариваемым сталям, оставлена марка ОЗЛ-6МК, как прототипу.

Предлагается следующий состав электродного покрытия, содержащего компоненты, массовую долю (таблица 3).

Таблица 3 – Состав электродного покрытия электрода ОЗЛ-6МК

Компонент	Массовая доля, %
Мрамор	45-50
Плавленогошпатовый концентрат	7-10
Ферромарганец или ферросилиций	2-7
Слюда мусковит	2-5
Алюминиевый порошок	2-5
Хром металлический	5-10
Полевой шпат	10-13

Продолжение таблицы 3

Компонент	Массовая доля, %
Двуокись титана	3-7
Карбоксиметилцеллюлоза очищенная или альгинат натрия	1-3
Железный порошок	*(100% минус сумма остальных компонентов)

В предлагаемом электродном покрытии основного типа корректировка компонентов производится за счёт железного порошка за вычетом суммы всех остальных компонентов. Компоненты подбираются, таким образом, дабы обеспечить формирование обратного валика при односторонней сварке. Принятая доля плавикового шпата и полевого шпата позволяют повысить стабильность дугового разряда, устойчивость горения сварочной дуги и хорошее проплавление кромок свариваемого изделия.

Введение диоксида титана в покрытие позволяет улучшить отделение шлаковой корки, в т.ч. при узкой разделке свариваемых кромок. Глубокое раскисление наплавленного металла и улучшение механических свойств сварного шва обеспечивают ферросилиций или ферромарганец и алюминиевый порошок.

Карбоксиметилцеллюлоза очищенная и альгинат натрия в сочетании со слюдой мусковит обеспечивают получение стабильных показателей эксцентricности при опрессовке электродов за счет высоких пластических свойств обмазочной массы.

Железный порошок, вводимый в состав покрытия, служит в качестве корректировки при отклонении содержания основного элемента в ферросилиции или ферромарганце, а также при изменении в покрытии металлического хрома.

Для проведения опытных испытаний были изготовлены электроды диаметром 3,0 мм. Применялись металлические стержни из стали марки Св-07Х25Н13 по ГОСТ 2246. По результатам испытаний проведен сравнительный анализ механических (таблица 4) и химических свойств (таблица 5) наплавленного металла.

Таблица 4 – Сравнительный анализ механических свойств наплавленного металла

Наименование	Временное сопротивление разрыву $\sigma_B, Н/мм^2$	Условный предел текучести, $\sigma_{0,2}, Н/мм^2$	Относительное удлинение, $\delta_5, \%$	Ударная вязкость, КСЧ, Дж/см <sup>2</sup>	Ферритная фаза, %
Номер покрытия 1	588	407	30	116	5,4
Номер покрытия 2	606	444	34	98	5,7
Номер покрытия 3	590	420	39	122	4,8
Электрод с покрытием - прототип	Не менее 539	Не менее 343	Не менее 25	Не менее 88	2,5-10,0

Таблица 5 – Сравнительный анализ химического состава наплавленного металла

Наименование	Массовая доля элементов, %						
	С	Si	Mn	Cr	Ni	S	P
Номер покрытия 1	0,09	0,69	1,0	25,1	12,9	0,008	0,022
Номер покрытия 2	0,07	0,85	1,87	26,0	12,1	0,005	0,025
Номер покрытия 3	0,04	0,94	1,05	24,3	11,5	0,004	0,019
Электрод с покрытием - прототип	Не более 0,12	Не более 1,0	1,0-2,5	22,5-27,0	11,5-14,0	Не более 0,020	Не более 0,030



Данные результаты свидетельствуют о достижении решаемой технической задачи по стабилизации сварочно-технологических свойств электродом и достижения такого химического состава, при котором коррозионные свойства сварных соединений сохраняются, сварка корневых швов с формированием наплавленного металла становится доступной.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 10052-75. Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей с особыми свойствами. Термины и определения: утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 27.03.75 N 781: дата введения 1977-01-01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2004.

2. Справочник специалиста сварочного производства, Том 1, Национальная Ассоциация Контроля и Сварки (НАКС) с участием специалистов: Алешин Н.П., Котельников В.С. и др., Издание 3-е, Бюро Промышленного Маркетинга, июль 2008 г., стр. 105. (Основные паспортные данные МОСЗ №6-3-77, 1977 г.).

3. Федеральный институт промышленной собственности [сайт] / Сайт Роспатента. – Москва, 2022 – URL: <https://www1.fips.ru> (Дата обращения: 27.03.2022).

4. Патент № 2595077 С1 Российская Федерация, МПК В23К 35/36. Электрод для ручной дуговой сварки высоколегированных сталей: № 2015102133: заявл. 23.01.2015 / Открытое акционерное общество «Магнитогорский электронный завод» – 14 с.: ил. – Текст: непосредственный.

#### ПОДСЕКЦИЯ «МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ОБОРУДОВАНИЕ»

##### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Антипенко Анастасия Алексеевна, магистрант кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование», e-mail:nastasya.antipenko.99@mail.ru  
Научный руководитель - Марширов Игорь Викторович, к.т.н., доцент, e-mail:mtlp@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

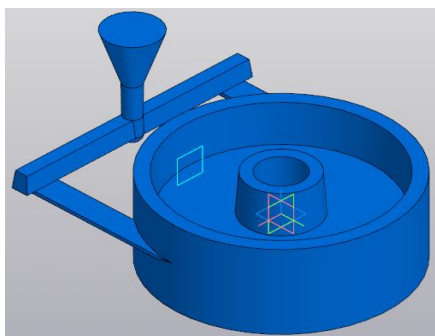
*Рассмотрены особенности разработки технологии изготовления отливок с применением систем компьютерного моделирования. Приведены результаты моделирования усадочных процессов получения отливки из стали 35Л. Для изготовления качественной отливки использованы экзотермические вставки.*

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование, отливки, автоматизация проектирования литейной технологии.

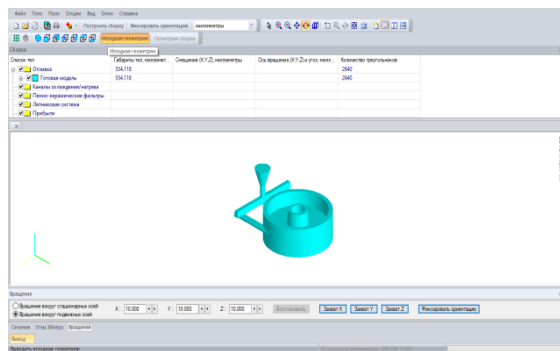
В настоящее время разработано достаточно большое количество программ, которые позволяют инженерам-технологам осуществлять компьютерное моделирование и анализ различных вариантов получения литых заготовок [1-3]. Одной из таких программ является LVMFlowCV, позволяющая осуществлять моделирование гидродинамических и усадочных процессов при формировании отливки в литейной форме и, при необходимости, вносить изменения в конструкцию литниковой системы.

На первом этапе в системе трехмерного моделирования Компас-3D строится объемная модель отливки с литниковой системой. Затем проводится ее анализ в системе компьютерного моделирования LVMFlowCV.

В качестве примера рассмотрим модель отливки «Шкив» (рисунок 1). Опираясь на результаты исследований с помощью выше упомянутых программ, необходимо получить оптимальный вариант модели отливки, чтобы в дальнейшем внедрить параметр ее изготовления на предприятии.



*a*



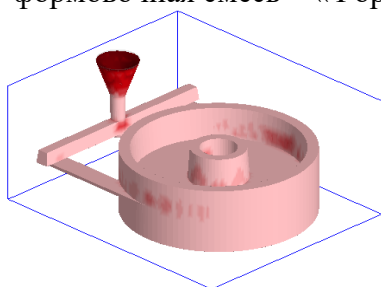
*б*

Рисунок 1 – Модель отливки «Шкив» с ЛС:  
*a* – в программе Компас-3D; *б* – в программе LFMFlowCV

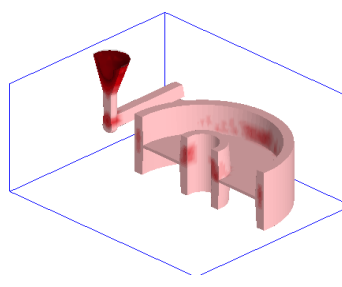
В работе исследуется процесс заполнения формы жидким металлом с последующим затвердеванием отливки и анализом формирования несплошностей в виде усадочных раковин и пористости.

При проведении компьютерного моделирования отливку получали литьем в разовую песчано-глинистую форму. Исследование проводилось с материалами, выбранными из банка данных программы LVMFlowCV:

- материал отливки – сталь 35Л (температура заливки 1600 С);
- формовочная смесь – «Форм.см. N3».



*a*

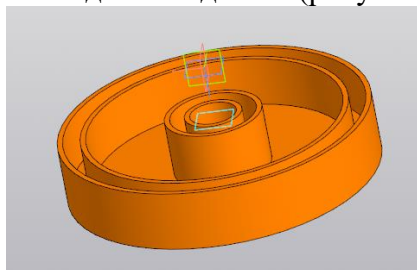


*б*

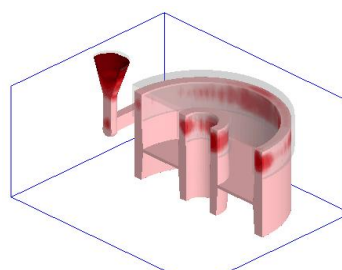
Рисунок 2 – Результаты моделирования усадочных процессов: *a* – общий вид; *б* – по оси OX

В процессе первоначального моделирования была выявлена значительная усадка, которая характеризуется появлением раковин в теле отливки. Подобные дефекты недопустимы в производстве, поэтому отливка явно уйдет в брак. Для борьбы с такой усадкой необходимо устанавливать прибыли на питающие узлы.

Однако даже значительное увеличение высоты прибыли (рисунок 2) не позволило полностью устранить усадку в теле отливки. Поэтому на следующем этапе было принято решение по использованию экзотермических вставок. Для этого в программе Компас-3D создавалась отдельная деталь (рисунок 3).



*a*



*б*

Рисунок 3 – Применение экзотермических вставок:  
*a* – модель ЭВ; *б* – результаты моделирования усадочных процессов

Дальнейшее проведение компьютерного моделирования с применением экзотермических вставок позволило получить бездефектную отливку при минимальном расходе металла.

Таким образом, применение современных информационных технологий при разработке технологического процесса изготовления отливок позволяет обеспечить снижение материалоемкости изделий и сокращение сроков технологической подготовки производства.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марширов И.В. Применение компьютерного моделирования литейных процессов при разработке технологии изготовления стальных отливок / И.В. Марширов, В.В. Марширов // Ползуновский альманах, АлтГТУ, 2021, вып. 3, с. 43-46.

2. Малькова Н.Ю. Конструкторское и технологическое проектирование отливки с использованием российских систем компьютерного моделирования / Н.Ю. Малькова, Е.А. Кошелева, И.В. Марширов / Ползуновский альманах. – 2017. – № 4. – Т. 5. – С. 120-122.

3. Марширов В.В. Применение численного моделирования для прогнозирования структуры сплава отливки / В.В. Марширов, Л.Е. Марширова, И.В. Марширов // Литейное производство. - 2018. - № 8. – С. 28-33.

#### ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО УГЛЕРОДА НА СВОЙСТВА БЕНТОНИТА

Астанина Надежда Сергеевна, магистрант кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование», e-mail:aist000@mail.ru

Научный руководитель - Григор Андрей Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail:asgrigor84@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Проведен подробный анализ влияния технического углерода на свойства бентонитового связующего для песчано-глинистых смесей. Отмечено, что технический углерод марки N 330 позволяет улучшить свойства бентонита.*

**Ключевые слова:** бентонит, технический углерод, активность.

Основным связующим материалом для формовочных песчано-глинистых смесей является бентонит. Высокая связующая способность, способность к обмену катионами, возможность получения отливок с хорошей чистотой поверхности, возможность замены сухих форм для отливок из чугуна и стали среднего развеса сырыми, без ухудшения качества поверхности отливок, отличают бентонитовые глины.

Связующая способность глины во влажном состоянии определяется по величине предела прочности образцов, изготовленных из смеси следующего состава: 90 % песка, 10 % испытуемой глины, воды – по оптимальной влажности варьированной добавки технического углерода марки N 330.

Наиболее интересным свойством монтмориллонитовых глин является их способность к катионному и анионному обмену. Используя эти свойства бентонитов возможно, с одной стороны, улучшить связующую способность и технологические свойства смесей и, с другой, получить принципиально новый комплексный механоактивированный материал с новыми свойствами [1].

Для улучшения технологических свойств наиболее распространен метод активации бентонита содержащими натрий солями, в частности  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Этот обмен легко осуществить непосредственно в литейном цехе, добавляя соду в смеситель при использовании кальциевых бентонитов. При такой обработке повышается связующая способность бентонитов, и тем больше, чем больше катионов кальция замещается катионами натрия. При этом также снижается осыпаемость форм и изменяются другие свойства смесей. Наилучшие результаты получаются при активации «кальциевых и кальциево-магниевых монтмориллонитовых глин.

Применение активированных бентонитов позволяет уменьшить пригар и засор в отливках. Активация бентонитов содой приводит к резкому сокращению ужимин. Это объяс-

няется тем, что величина прочности слоя смеси в зоне конденсации при добавках в смесь соды сильно возрастает.

Долговечность смесей с активированными бентонитами в 1,5...2 раза выше, чем с неактивированными, так как реакции дегидратации у активированных бентонитов проходят при более высоких температурах, чем у неактивированных.

Отливки, полученные в таких смесях, имеют исключительно чистую поверхность и очень легко выбиваются. Эти смеси могут многократно использоваться.

По температуре потери прочности, при которой теряется связующая способность, глины можно расположить в следующий ряд монтмориллонитовые - 800...900° С; гидрослюдистые - 900...1000 °С; каолиновые - 1000...1200° С.

Потеря связующей способности при указанных температурах связана с разрушением кристаллической решетки основного породообразующего минерала. Очень часто потеря связующей способности глин обнаруживается при температурах, отличных от указанных. Это объясняется природой основного породообразующего минерала и количеством примесей других минералов.

Исследование влияния технического углерода марки N 330 проводили с помощью стандартных методов исследования по ГОСТ 23409.14-78. Содержание активного бентонита оценивали в зависимости от содержания технического углерода (ТУ) и температуры термической обработки бентонита. Анализ активности бентонита основывается на его способности поглощать химический реагент мителеновый голубой.

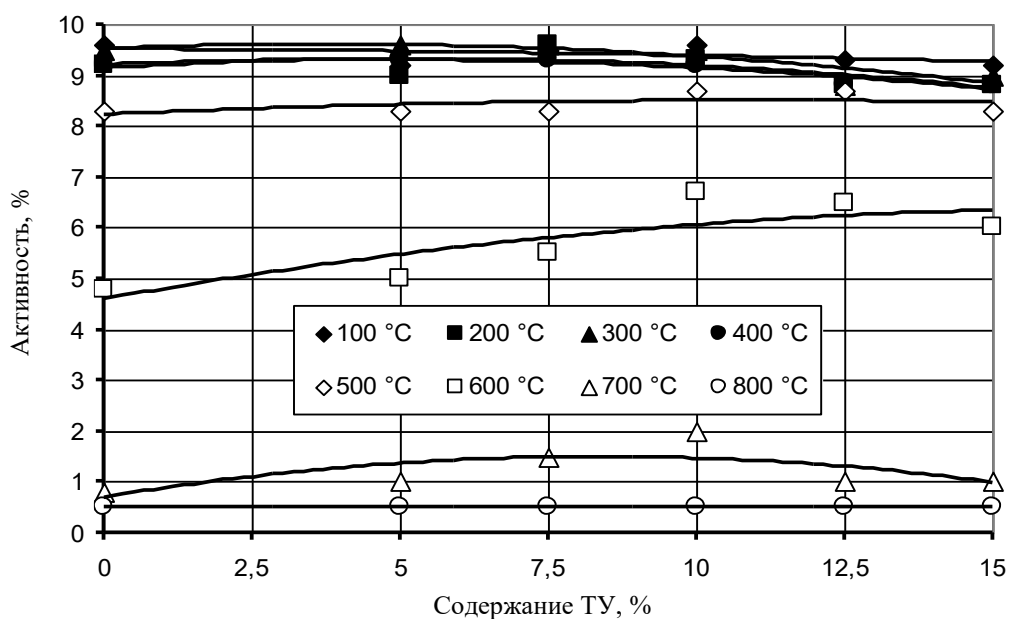


Рисунок 1 – Зависимость активности бентонита от содержания ТУ и температуры термической обработки

По результатам, полученным в ходе исследования (рисунок 1) можно сделать вывод, что добавки ТУ в бентонит позволяют повысить его активность. Особенно хорошо это заметно при высоких температурах обработки связующего. Получается, что ТУ позволяет повысить термостойкость связующего и улучшить свойства готовой песчано-глинистой смеси.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григор А.С. О противопригарных механоактивированных композициях в составе песчано-глинистых смесей [Текст] / А.С. Григор, В.А. Марков, Ю.Н. Антуфьев // Литейное производство. – 2011. – №1. – С. 10-14.

## ОПЫТ ВНЕДРЕНИЯ ХОЛОДНОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ СВЯЗУЮЩЕГО БС-40

Видищева Анастасия Васильевна, магистрант кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование», e-mail:nastenka.98.2014@mail.ru

Научный руководитель - Мустафин Геннадий Акрамович, к.т.н., доцент, e-mail:mustafing@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Показана возможность использования для изготовления стержней различного веса из стержневых смесей с синтетическим связующим БС-40. Приведены достоинства исследуемых стержневых смесей для конкретных условий производства, проанализированы свойства исходных материалов и условия их применения. Приведены также необходимые свойства стержней, определяющих необходимое качества стержней и отливок, получаемых по технологии ХТС. Указаны особенности составов смесей в летний и зимний периоды.*

**Ключевые слова:** стержневая смесь, мочевины, формальдегид, стержень, кварцевый песок, предел прочности, смеситель, связующее, катализатор.

Внедрение технологического процесса изготовления стержней из смеси на основе мочевино-формальдегидно-ферановомсвязующем БС-40, обеспечивает следующие преимущества:

1. Повышение размерной точности стержней и отливок за счет твердения смеси в контакте с оснасткой и отсутствие усадки.
2. Снижение трудоемкости изготовления стержней, так как смесь имеет высокую текучесть и обеспечивает легкое заполнение стержневых ящиков.
3. Полное исключение тепловой сушки стержней.
4. Снижение трудоемкости финишных операция за счет улучшения выбиваемости стержней и повышения качества отливок.
5. Сокращение количества каркасов за счет высокой прочности.

### Исходные материалы

Наполнитель - кварцевый песок 120202 ГОСТ 2138-91, предварительно высушенный до остаточной влажности не более 0,5%, охлажденный до температуры 30°C и просеянный через сито с ячейками 3x3 мм. Применение песка температурой выше 30°C снижает живучесть смеси и прочность.

Карбамидо - фурановое связующее БС-40 должно соответствовать ТУ 2223-002 7810702-2006.

Катализатор - кислота ортофосфорная марки <Б> по ГОСТ 10678-76 с плотностью 1,565 г/см<sup>3</sup>.

Показатели связующего БС-40 приведены в таблице 1. Составляющие смеси и ее свойства приведены в таблице 2.

Таблица 1 – Показатели связующего БС-40

Наименование показателей	Норма
Внешний вид	Однородная жидкость от светло-желтого до темно-коричневого цвета. Допускается присутствие извести и осадка.
Вязкость по вискозиметру ВЗ-4 при t 20°C, сек.	20...30
Содержание свободного формальдегида, % не более	1,0
Концентрация водородных ионов, рН	6,5...8,4
Плотность, г/см <sup>3</sup> .	1,24
Предел прочности при растяжении образцов из песчано-смоляной смеси, отверждаемых при (20...25°C) в течение 3 часов, Мпа, (кгс/см <sup>2</sup> )	0,35

Таблица 2 – Состав смеси и ее свойства.

Состав смеси, %	Предел прочности на растяжение после вы- держки на воздухе, кг/см <sup>2</sup> не менее, час			Предел прочно- сти на сжатие, кг/см <sup>2</sup> после вы- держки в гильзе в течение, минут			Осыпаемость (выдержка 24 часа)	Газопрони- цаемость, ед	Газотворная способность, см <sup>3</sup> /г
	1	3	12	15	30	60			
Кварцевый песок 1К <sub>2</sub> О <sub>2</sub> 02:100 %	2-5,5	8-12	12-15	1-3	3-1	10-15	0,2-0,4	150-200	12-15
Связующее БС-40:1,3-3,5 %									
Катализатор Н <sub>3</sub> РО <sub>4</sub> :0,6-2,5 %									

Для изготовления смеси соотношение песка: смолы: кислоты должно быть 100%:(1,3...3,5 %): (0,6...2,5 %). В летнее время соотношение 100:3:2, зависит от качества материалов и температуры в цехе.

Стержневая смесь изготавливается в смесителях непрерывного действия, производительностью Q – 1,0 т модели 19642.

Дозирование составляющих смеси производится следующим образом:

Кварцевый песок поступает в смешивающие рукава через определенное сечение, перекрываемое шиберной заслонкой, под постоянным напором, создаваемым уровнем песка в приемном бункере.

Соответственно количеству поступающего песка осуществляется непрерывная подача связующего и катализатора насосами. Насосы должны быть отарированы. Смесь должна быть однородной, светло-желтого цвета. При увеличении подачи кислоты, стержни становятся коричневого цвета – расход кислоты необходимо уменьшить.

Для изготовления стержней используются деревянные или металлические стержневые ящики, разъемные или вытряхные. Рабочая поверхность стержневого ящика не должна иметь забоин и вмятин. Сам ящик должен легко собираться и разбираться. Внутренняя поверхность и отъемные части ящика должны быть очищены от пыли и прилипшей смеси.

В качестве разделительного покрытия для стержневых ящиков применяется графит серебристый Гл-1, Кл- Т ГОСТ 5979-74 в количестве 30% и керосин осветительный ГОСТ 4753-68 в количестве 70%. Разделительное покрытие наносят ветошью.

В виду высокой прочности смеси, количество каркасов может быть сокращено. Проволочные каркасы применяются только для укрепления выступающих частей стержня или изготовления крупных стержней (рисунок 1).



Рисунок 1 – Крупные стержни с арматурой

Для постановки стержней в форму могут применяться проволочные подъемы  $\varnothing$  3...5мм.

Опустошение стержней (рисунок 2) выполняется с помощью вкладышей из дерева или металла. Толщина стенок стержня может находиться в пределах 50...150мм.



Рисунок 2 – Стержни с опустошением



Рисунок 3 – Мелкие стержни стержни.

Уменьшение толщины стенок стержня ускоряет его твердение, увеличивает податливость, экономит смесь, облегчает выбиваемость.

Время выдержки в стержневом ящике мелких стержней, весом до 10 кг, составляет 4...6 минут, для средних стержней 8...15 минут, для крупных – 30...50 минут.



Рисунок 4 – Средние стержни.



Рисунок 5 - Крупные стержни.

Сокращение выдержки в стержневом ящике может быть достигнуто за счет быстрого удаления отъемных частей, применения наколов, опустошений, что увеличивает доступ воздуха к стержню. Не допускается выдержка в ящике до полного его отверждения, так как в этом случае повреждений.

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОТЛИВОК

Зуйков Вячеслав Валерьевич, магистрант кафедры «Машиностроительные технологии и оборудование», e-mail: vyaceslavzuikov@gmail.com

Научный руководитель – Марширов Игорь Викторович, к.т.н., доцент, e-mail: mtlp@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены особенности разработки технологии изготовления отливок с применением систем компьютерного моделирования. Приведены результаты моделирования гидродинамических и усадочных процессов отливки из стали 35Л.*

**Ключевые слова:** компьютерное моделирование литейных процессов, отливки, автоматизация проектирования литейной технологии

В настоящий момент существуют продвинутое компьютерные программы для создания моделей литейных процессов. Они обладают разнообразным инструментарием и основываются на нескольких типах генерируемой сетки. Действие программ основано на физических теориях, описывающих диффузионные, тепловые, деформационные и гидродинамиче-



ские явления, что обеспечивает достоверность создаваемой модели, имитирующей формовочный литейный процесс, кристаллизацию многокомпонентного сплава, охлаждение отливки и т.п. [1 - 3].

Алгоритмы программ позволяют оптимизировать литниково-питающие системы; рассчитать гидродинамические показатели заливки сплавом формы; определить значения температурных полей при кристаллизации и усадке металлов; установить степень остаточного напряжения в литых заготовках.

Метод компьютерного моделирования обладает рядом содержательных характеристик, которые были выявлены на примере отливки «Рычаг». Изготовление данной литой заготовки требует заливки стали 35Л в разовую песчано-глинистую форму.

В ходе изготовления детали выполняются следующие задачи:

- конструирование геометрических моделей детали;
- геометрическое моделирование отливки;
- проектирование конструкций литниковой системы;
- создание моделей тепловых, гидродинамических и усадочных процессов отливки, расчет макро- и микропористости;
- конструирование рабочих чертежей литейной оснастки для изготовления отливок.

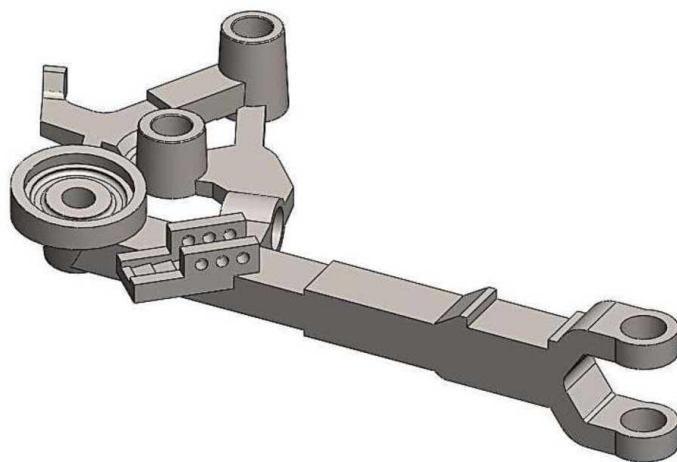


Рисунок 1 – Геометрическая модель детали

Проектирование цифровой трехмерной модели детали производилось средствами САД-системы SolidWorks. В ходе построения был задействован чертеж (рисунок 1), на котором учтена специфика технологической конструкции, проявляющаяся в наличии литниково-питающей системы (ЛПС), стержневых знаков и прибылей.

Проведение расчетов сечения литниковой воронки, стояка, питателей и шлакоуловителя потребовало применение единых для сталелитейного производства способов расчета.

Моделирование процесса отливки производилось инструментами компьютерной программы СКМ «Полигон». Функциональные возможности данной системы отвечают требованиям производства литых металлических деталей, осуществляемого в рамках машиностроительного предприятия. По классифицирующему соотношению цены и доступного инструментария СКМ «Полигон» относится к программам среднего уровня.

Непосредственно перед стартом моделирования литейного процесса была произведена генерация сетки конечных элементов отливки и литниково-питающей системы. Указанная операция осуществлялась посредством использования цифровых инструментов HYPERMESH3D.

Для решения задач, связанных с гидродинамическими показателями модели, использовался программный модуль Эйлер-3D.



Рисунок 2 – Результаты моделирования усадочных процессов

В ходе расчетов была получена модель процесса заливки в форму расплавленного металла. Предварительно для формы и для отливки были определены исходные показатели температурных полей. Осуществление подобных измерений необходимо для получения более точного расчетного результата при определении тепловых значений инструментами модуля «Фурье».

Далее трехмерная модель была передана модулю «Фурье 3D», где происходила разработка технологии отливки «Рычаг». Моделирование отливки производилось в трех условиях: без прибылей, с расчетными прибылями и со скорректированной прибылью. В последнем случае была скорректирована ЛПС (рисунок 2), что привело к устранению возможности проявления дефектов усадочного происхождения.

В результате можно отметить, что использование СКМ «Полигон» позволяет ускорить разработку литниково-питающей системы при существенном сокращении материальных затрат в связи с отсутствием необходимости создания дорогостоящего производственного опробования. В то же время СКМ «Полигон» определяет удобство анализа эффективности ЛПС с последующим выбором наиболее оптимального способа формовки отливки, обеспечивая повышение качества конструктивных и технологических решений.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марширов И.В. Применение компьютерного моделирования литейных процессов при разработке технологии изготовления стальных отливок / И.В. Марширов, В.В. Марширов // Ползуновский альманах, АлтГТУ, 2021, вып. 3, с. 43-46.
2. Малькова Н.Ю. Конструкторское и технологическое проектирование отливки с использованием российских систем компьютерного моделирования / Н.Ю. Малькова, Е.А. Кошелева, И.В. Марширов / Ползуновский альманах. – 2017. – № 4. – Т. 5. – С. 120-122.
3. Марширов В.В. Применение численного моделирования для прогнозирования структуры сплава отливки / В.В. Марширов, Л.Е. Марширова, И.В. Марширов // Литейное производство. - 2018. - № 8. – С. 28-33.

# АКТУАЛЬНОСТЬ И СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ

Нужных Вадим Викторович, магистрант кафедры «Технология машиностроения», e-mail: vnuzhnyh@yandex.ru

Научный руководитель - Марков Андрей Михайлович, д.т.н., профессор, e-mail: andmarkov@inbox.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В данной статье рассмотрена актуальность повышения производительности технологического процесса производства ответственной детали тележки грузового вагона. Произведена технологическая диагностика состояния действующего технологического процесса на основе концепции бережливого производства, описана последовательность применения инструментов концепции бережливого производства с последующим анализом полученных результатов.*

**Ключевые слова:** литейное производство, заготовительное производство, производительность технологического процесса, клин фрикционный, детали тележки грузового вагона, бережливое производство.

По данным открытых источников на сегодня сеть РЖД насчитывает более 1,2 млн грузовых вагонов [1]. На каждый грузовой вагон устанавливается 8 фрикционных клиньев. Один из самых распространенных типов фрикционных клиньев – клин по чертежу М1698.00.003, третьего класса износостойкости (класс износостойкости определяет межремонтный пробег до замены фрикционного клина, для третьего класса износостойкости межремонтный пробег составляет 160 тыс. км, так же клин фрикционный необходимо менять при проведении капитального ремонта), материал клина – серый чугун марки СЧ35, деталь изготавливается методом литья. В среднем по типам грузовых вагонов за 20 лет эксплуатации грузовой вагон проходит 4 капитальных ремонта, средний годовой пробег грузового вагона составляет 110 тыс. км [2]. Рассчитать годовую потребность сети РЖД в детали клин фрикционный можно по формуле 1:

$$N = n_{к.р.} + n_{м.п.} \quad (1)$$

Где: N – общее необходимое годовое количество клиньев фрикционных

$n_{к.р.}$  – необходимое количество клиньев для проведения капитальных ремонтов, рассчитывается по формуле 2;

$n_{м.п.}$  – необходимое количество клиньев для замены при достижении пробега, рассчитывается по формуле 3.

$$n_{к.р.} = \frac{T \cdot k \cdot i}{20} \quad (2)$$

Где: T – количество грузовых вагонов сети РЖД;

k – количество клиньев, установленных на одном вагоне;

i – количество ремонтов за 20 лет

$$n_{м.п.} = \frac{T \cdot L \cdot k}{m} \quad (3)$$

Где: T – количество грузовых вагонов сети РЖД;

L – средний годовой пробег грузового вагона;

k – количество клиньев, установленных на 1 вагоне;

m – регламентированный межремонтный пробег клина фрикционного 3 класса износостойкости.

Подставив (2) и (3) в (1) получим:

$$N = \frac{T \cdot k \cdot i}{20} + \frac{T \cdot L \cdot k}{m} = \frac{1.200.000 \cdot 8 \cdot 4}{20} + \frac{1.200.000 \cdot 110.000 \cdot 8}{160.000} = 8.520.000 \text{ шт./год}$$

По данным проектно-конструкторского бюро вагонного хозяйства на 04.04.2022 г. только 19 предприятий имеют право на выпуск детали «клин фрикционный» по чертежу М1698.00.003 [3]. Технологический процесс, рассматриваемый в данной статье, производит 480.000 деталей за год. В связи большой потребностью РЖД в данной детали повышение про-

изводительности технологического процесса её производства является актуальным вопросом.

Основные пути повышения производительности труда - внедрение новых передовых производственных технологий; модернизация (обновление) парка производственного оборудования; повышение материальной заинтересованности работников; внедрение концепции бережливого производства. Так как концепция бережливого производства охватывает комплексно технологический процесс, и лишена недостатка значительных материальных затрат, она являлась предпочтительной при выборе метода повышения производительности труда.

Концепция бережливого производства рассматривает конечную продукцию, как сумму результатов всех работ технологического процесса с точки зрения конечных свойств продукции. Работа с точки зрения бережливого производства подразделяется на 3 вида: полезная работа (например, обработка заготовки); работа необходимая, но не отражаемая в свойствах продукции (например, работа по перемещению заготовок или инструментов по цеху); работа, являющейся потерей в чистом виде (например, излишняя обработка, брак). Бережливое производство - это концепция стремления к оптимизации полезной работы, сокращению работы, не отражаемой в свойствах продукции и полному избавлению от потерь.

Бережливое производство подразумевает последовательное внедрение следующих этапов:

- Этап диагностики текущего состояния производства.
- Этап анализа текущего состояния производства и выявления потерь и путей оптимизации производственного процесса.
- Этап внедрения изменений.
- Этап диагностики состояния процесса производства после внедрения изменений (новое текущее состояние).

Диагностика текущего состояния заключается во всестороннем изучении технологического процесса, рассматривается количество операций, протяженность операций, пути фактического перемещения материальных потоков, протяженность путей перемещения [4].

Этап анализа текущего состояния производства и выявления потерь и путей оптимизации производственного процесса заключается в обработке данных, полученных на прошлом этапе, на данном этапе выявляются наиболее трудоёмкие (наиболее продолжительные по времени протекания операции), посредством производственного анализа выявляются факторы и причины, сдерживающее производительность технологического процесса, рассчитывается и анализируется показатель общей эффективности производственного оборудования наибольшей по продолжительности операции, анализируется брак предприятия [5]. На данном этапе составляется план мероприятий (изменений), направленных на устранение потерь, выявленных на данном этапе.

Этап внедрения мероприятий заключается в реализации мер, разработанных на предыдущем этапе.

Этап диагностики состояния процесса производства после внедрения изменений по содержанию аналогичен первому этапу, таким образом, последовательность этих этапов можно повторять до бесконечности.

В результате реализации всех этапов внедрения концепции бережливого производства на одном из предприятий Алтайского края, реализующим технологический процесс изготовления детали «клин фрикционный» методом литья в песчано-глинистые формы были разработаны и частично реализованы (работа в этом направлении продолжается) следующие мероприятия по повышению производительности:

- увеличение количества пустых опок в обороте на 6 штук, хранение этих опок осуществляется на конвейере подачи опок, данное мероприятие направлено на устранение простоя в начале изготовления форм (до 19 случаев простоя по 5-6 минут ежедневно);
- создание регламента обслуживания оборудования формовочного участка, данное мероприятие направлено на устранение времени внепланового простоя при поломках оборудования (до 10-15 минут в сутках);

- организовать рабочее место формовщиков по системе «5С», данное мероприятие направлено на повышение культуры производства и стандартизацию работы;
- создание стандарта операционной процедуры при изготовлении форм, данное мероприятие направлено на стандартизацию работы и устранению колебаний времени изготовления форм (время колебаний доходило до 40 секунд при изготовлении 270 форм за сутки);
- организовать отдельный участок подготовки шихты, данное мероприятие направлено на улучшение качества и повышения количества исходных материалов для изготовления;
- создание технологического регламента проверки геометрической точности песчаных стержней, модельной оснастки и получаемых форм, данное мероприятие направлено на борьбу с самым распространенным на предприятии видом брака;
- разработать и внедрить новую конструкцию знаковых частей модельной оснастки, данное мероприятие направлено на борьбу с самым распространенным на предприятии видом брака;
- пересмотреть схему транспортных потоков, использовать внутренние менее загруженные рельсовые пути, для освобождения более загруженного перемещениями места, данное мероприятие направлено на оптимизацию транспортных потоков;
- разработать график завоза основных и вспомогательных материалов в цех, данное мероприятие направлено на оптимизацию транспортных потоков.

Согласно расчетам производительности труда по методике, утвержденной приказом министерства экономического развития Российской Федерации от 28.12.2018, за 1 год внедрения концепции бережливого производства производительность труда предприятия выросла на 16,7% г/г.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андреева Т. На сети ощущается нехватка подвижного состава: // Российская газета 2021 Спецвыпуск №247 (8598) <https://rg.ru/2021/10/27/na-seti-oshchushchaetsia-nehvatka-podvizhnogo-sostava.html> (Дата обращения: 01.04.2022)
2. РД 32 ЦВ 168-2017 Руководящий документ Руководство по капитальному ремонту грузовых вагонов
3. pkbcv.ru: сайт. – 2018 URL: <https://pkbcv.ru/> (дата обращения 05.04.2022)
4. Нужных В.В. Повышение производительности технологических процессов заготовительного производства на основе принципов бережливого производства // Молодежь-Барнаул материалы XXII городской научно-практической конференции молодых ученых–Барнаул: Издательство Алтайского государственного технического университета, 2021 г. – 1038 с.
5. Нужных В.В. Методы повышения производительности технологических процессов // Молодежь-Барнаул материалы XXIII городской научно-практической конференции молодых ученых - Барнаул: Издательство Алтайского государственного технического университета, 2022 г.

## ПОДСЕКЦИЯ «ИННОВАТИКА»

### ОРГАНИЗАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА СЛЕПЫХ И СЛАБОВИДЯЩИХ ЛЮДЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕЧЕВЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Березиков Михаил Алексеевич, бакалавр АлтГТУ, e-mail: oloololo100500@mail.ru  
Научный руководитель - Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,  
e-mail: novoselov\_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В рамках работы отражено статистическое состояние слепого и слабовидящего населения России и Алтайского края, включая молодежь. Описано влияние на здоровье учебной деятельности в рамках дистанционного и смешанного режимов обучения, и поставлена проблема организации образовательного процесса инвалидов по зрению. Выявлено решение в виде разработки системы управления обучением с применением технологии синтеза речи для подачи информации с опорой в большинстве на слух.*

**Ключевые слова:** система управления обучением, синтез речи, виртуальная образовательная среда, дистанционный и смешанный режимы обучения, голосовой движок, образовательная услуга.

Образование для человека 21 века является важным фактором его дальнейшей жизни, так как от подготовки специалиста зависит дальнейшая судьба общества. Получать образование можно самыми разными способами вплоть до самообучения. В связи с ограничениями из-за пандемии особо актуален стал режим дистанционного обучения, а, следовательно, различные обучающие платформы, например «Pias» или «Moodle», где преподаватели могут общаться со студентами онлайн, а также выдавать материал для самостоятельной работы. Таким образом, появляется постоянная необходимость взаимодействовать с экраном и, соответственно, с большим количеством текстовой информации, что особенно затрудняет обучение для слабовидящих и слепых людей.

В России, по оценке МНИИ глазных болезней им. Гельмгольца количество учтенных слепых и слабовидящих в России составляет 218 тыс. человек, из них абсолютно слепых – 103 тыс. (данные на 2009 год) [3]. Молодежь трудоспособного возраста из этого количества составляет 22%, т.е. практически каждый пятый из всех слепых и слабовидящих. На 2020 год, общее количество незрячих и имеющих инвалидность по зрению осталось примерно на том же уровне, около 210 тысяч человек, однако количество неучтенных людей, а также имеющих менее выраженные нарушения достигает не менее 10 миллионов.

Получение образования для данных лиц связано с определенными проблемами, и, когда особенно актуален дистанционный режим образования, ввиду отсутствия или недостатка живого общения возникают неудобства и сложность обучения в этом режиме даже у здоровых людей, что же говорить об инвалидах по зрению, некоторые из которых физически не могут воспринимать текстовую информацию. Возникает проблема организации образовательного процесса слабовидящих и слепых людей в условиях дистанционного и смешанного режимов обучения, решением которой может стать разработка системы управления обучением, позволяющей предоставлять образовательную услугу с применением технологии синтеза речи для обучения инвалидов по зрению.

Образовательная среда стремительно изменяется в связи с новыми реалиями и новыми потребностями в образовании. Одним из наиболее востребованных направлений инновационной деятельности является организация обучения средствами виртуальной образовательной среды, которые позволяют перейти от принципа образования на всю жизнь к принципу образования на протяжении всей жизни. Активнейшими темпами со второго десятилетия 21 века идет становление и развитие виртуальной модели образования с использованием виртуальной образовательной среды. Дистанционные технологии позволяют расширить возможности очного образования, увеличив взаимную доступность удаленных обучающихся, преподавателей, специалистов, а также информационных массивов и, что особенно специфично, виртуальных образовательных объектов [3].

Система управления обучением – программное приложение или онлайн-платформа, позволяющая интегрировать учебные инструментари, управлять и администрировать образовательные и информационные материалы.

Основной задачей является замена изолированных и разрозненных учебных программ на систематизированные методики по оценке и улучшению компетентности и уровня производительности в масштабах учебной организации.

Часто встречается аналогичный термин «система дистанционного обучения (СДО)», так как система управления обучением применяется в первую очередь для дистанционного обучения или дистанционной поддержки учебного процесса. Однако функциональность системы позволяет эффективно управлять учебными курсами, реализуемыми как в дистанционном формате, так и в смешанном.

Исходя из данных, размещенных в открытом доступе тифлоцентром «Вертикаль», крупнейшим предприятием в Российской Федерации, занимающимся вопросами общей доступности пространства как для незрячих людей, так и для других категорий маломобильных групп населения, можно сделать вывод, что в Алтайском крае при населении в более 2 млн человек свыше 200 000 тех, кто-либо имеет проблемы со зрением, либо слеп. Молодежь из них – свыше 45 тысяч человек [1].

Главным препятствием для обучения данного типа людей является большое количество работы перед экраном монитора, что нагружает органы зрения, либо вообще не представляется возможным для полностью слепых. Необходимо сделать упор на другой орган восприятия информации, а именно – слух.

Автоматический синтез речи – это технология, позволяющая преобразовать входную текстовую информацию в звучащую речь, восстановление речевых сигналов по заданным параметрам. Одним из важнейших аспектов является качество синтезируемой речи. Системами автоматического синтеза речи (иначе их еще называют синтезаторами речи) называют системы, преобразующие орфографический текст и другую информацию в звучащую речь [2].

Техническое решение веб-платформы представляет собой встроенный голосовой движок в систему управления обучением – программное приложение для администрирования учебных курсов в рамках смешанного режима обучения. Применение технологии синтеза речи позволит преобразовать входную текстовую информацию в звучащую речь, что в первую очередь будет необходимо для обучения класса людей, которым сложно или невозможно работать с текстовой информацией, а именно – слепым и слабовидящим.

Оптимальным вариантом технико-технологического решения является вебсайт, написанный на языке программирования PHP с применением технологии параметрического синтеза речи, предоставляющий полный доступ к функционалу и личный кабинет пользователям.

Оказываемая платформой образовательная услуга на основе применения технологии синтеза речи позволяет в рамках смешанного режима обучения получать большую часть информации с помощью слуха. Метод предусматривает:

- озвучивание полного текста предоставленной преподавателем литературы;
- озвучивание основных моментов в литературе;
- расшифровка аббревиатур и терминов прямо в тексте голосом посредством гиперссылок;
- настройка скорости воспроизводимой речи;
- возможность отправлять голосовые сообщения студентам или преподавателям и озвучивать входящие текстовые.

Представленная услуга направлена в главной мере на повышение комфорта при обучении слепых и слабовидящих людей, однако целесообразно предоставлять ее применение каждому желающему, чтобы у любого сотрудника и обучающегося в учебном заведении, приобретавшем услугу, был равный доступ к ней.

Веб-модель является частью смешанного процесса обучения. Преподаватель выступает наставником, который направляет и помогает решать технические вопросы, а также дает рекомендации по усовершенствованию навыков. Именно поэтому использование услуги обучающимися будет осуществляться под кураторством преподавателя, дающего советы, выкладывающего необходимый учебный материал, имеющего обратную связь [4].

Являясь одним из элементов искусственного интеллекта, синтез речи может помочь построить индивидуальный образовательный маршрут студента, адаптируя его к индивидуальным когнитивным особенностям и скорости обучения каждого студента.

Моделирование плана производства и реализации образовательной услуги произведено в программном продукте «Project Expert». Задана общая информация о предприятии, проведено операционное и инвестиционное планирование. Принято решение о предоставлении услуги в виде годовой подписки, независимо от срока покупки, однако план сбыта составлен с учетом ожидаемой сезонности продаж для образовательных организаций с академическим годом обучения студентов – наибольшее количество покупок будет осуществляться в декабре-январе и августе-сентябре. Стоимость подписки, которая ниже платных аналогов, предоставляемых другими образовательными платформами, включает: полное послепродажное обслуживание, доступ к функционалу каждому сотруднику по желанию учебного заведения.

Услуга появится на уже сформированном рынке образовательных услуг и не будет создавать новый сегмент. В связи с этим и с высоким конкурентным преимуществом можно сделать вывод, что учебные заведения будут заинтересованы в приобретении, но потребительская активность может быть снижена из-за низкой осведомленности.

Таким образом, разрабатываемая веб-платформа содержит все основные черты онлайн системы управления обучением: личные кабинеты, портфолио участников, локальную почту для личных и групповых сообщений, справочную систему, рабочее пространство с доступными курсами, возможность загружать учебную литературу, пособия, а также выполненные работы и другое. Разработка технологии применения синтеза речи в образовательном процессе полезна для инвалидов по зрению, которым затруднительно воспринимать текстовую информацию. В сфере образования наиболее лучшим решением станет предоставление услуги учебным учреждениям. Учтен психологический фактор – обучение слепых и слабовидящих происходит максимально наравне со здоровыми людьми, что позволит минимизировать возникающие комплексы. Образовательная услуга с применением технологии синтеза речи ожидаемо способна повлиять на эффективность учебного процесса слепых и слабовидящих, позволяя воспринимать текстовые данные при проведении занятий органами слуха, тем самым, облегчая усваивание информации и повышая комфорт их обучения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вайндорф-Сысоева М.Е. Виртуальная образовательная среда как неотъемлемый компонент современной системы образования / М.Е. Вайндорф-Сысоева // Образование. Педагогические науки. – 2012. – №16. – С. 86-91.
2. Рыбин С.В. Учебное пособие по дисциплине «Синтез речи». СПб: Университет ИТМО, 2014. – 92 с.
3. Тифлоцентр «Вертикаль» [Электронный ресурс]: [официальный сайт] Торжок, 2000-2022. URL: <https://tiflocentre.ru> (дата обращения: 26.03.2022)
4. Фролова Н.Х., Поваренкина И.А. Образовательная модель на основе электронных ресурсов для групповой подготовки программных инженеров / Н.Х. Фролова, И.А. Поваренкина // Инженерное образование. – 2019. – №26. – С. 84-91.



## ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГРИБНОГО ПОРОШКА «РЕЙШИ» ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ХЛЕБОБУЛОЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Дубровская Анастасия Владимировна, студент кафедры «Механика и инноватика»,  
e-mail: miss.nastena01@mail.ru

Исаева Надежда Вадимовна, аспирант кафедры «Механика и инноватика»,  
e-mail: Isaeva\_nd\_vd@mail.ru

Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,  
e-mail: novoselov\_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В данной работе рассмотрена актуальность разработки хлебобулочных изделий с добавкой грибного порошка «Рейши». Описаны свойства гриба «Рейши» и его практическое применение. Представлено обоснование разработки пищевых продуктов в виде хлебобулочных изделий с добавкой грибного порошка «Рейши».*

**Ключевые слова:** *гриб «Рейши», хлебобулочные изделия (ХБИ), здоровое питание, радионуклиды, модель плана производства, предприятие.*

В современном мире активная жизнь, особенно молодых людей, приводит к несбалансированному питанию. В организме человека происходят сбои, ему не хватает витаминов для выработки многих веществ. Отсюда появляются такие заболевания как: авитаминоз, нарушение метаболизма, сердечно - сосудистые заболевания, онкологические заболевания, ожирение и многое другое.

Несбалансированное питание и малоактивный образ ведет к тому, что организм человека истощается, ему не хватает витаминов, микро- и макроэлементов, которые поступают из его рациона питания. Жителям Алтайского края не хватает витаминов группы В, С и D.

Решением проблемы является внедрение добавок лечебно-профилактического назначения в повседневный рацион населения, с учетом уровня жизни в регионе, покупательной способности и заинтересованности в решении вопроса о профилактике заболеваний локализирующихся на территории региона.

Самым популярным по частоте потребления являются хлеба и хлебобулочные изделия, ежедневно их потребляют более 95% населения [4]. Следовательно, хлеб, как часть повседневного рациона жителей края, а также по физико-химическим показателям является оптимальной основой для внедрения добавок.

Рассмотрим известные способы производства хлебов и хлебобулочных изделий с добавками, подходящие для условий Алтайского края (Таблица 1).

Таблица 1 – Достоинства и недостатки добавок в хлебах и хлебобулочных изделиях

Добавка	Достоинства	Недостатки
Порошок сушеной рябины	Улучшение процесса брожения, повышение качества изделий по объему, пористости, консистенции, цвету аромату и вкусу, обогащение продукта биологически активными веществами.	Применяется для ускорения процесса производства, незначительное повышение в составе биологически активных веществ.
Порошок крапивы	Улучшение минерального состава хлеба, повышает содержание аминокислот в продукте.	Узконаправленные лечебно-профилактические свойства: лечение малокровия (железодефицитная анемия).
Сыворотка молочная	Увеличение микробиологической чистоты изделий, повышение содержания антиоксидантов, увеличение срока хранения и изделий.	Длительный процесс приготовления хлеба, повышенный расход активированных дрожжей.
Гриб «Вешенка»	Повышение в изделиях содержания белковых веществ, пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ, придание хлебобулочным изделиям диетических и профилактических свойств, обусловленных наличием биологически активных веществ углеводной природы.	Низкие органолептические показатели (выраженный грибной вкус), присутствие в грибе микотоксинов и радионуклидов.

Продолжение таблицы 1

Добавка	Достоинства	Недостатки
Гриб «Рейши»	Повышение в изделиях содержания пищевых волокон, витаминов и минеральных веществ, придание хлебобулочным изделиям диетических и профилактических свойств, обусловленных наличием глюкана.	Разрушение аминокислот и ценных белки, при высушивании.
Гриб «Чага»	Изделие, обладающее высокой биологической ценностью, может быть использовано для профилактического питания всех категорий населения.	Трудности при измельчении гриба, с высокими температурами сушки, снижение сроков хранения грибного порошка и изделия содержащего его.

Порошки грибов «Рейши» и «Чага» имеют оптимальные свойства для включения их в состав хлебов и хлебобулочных изделий в виде добавок. Режимы сушки ниже 80-85 °С обеспечивают сохранность химического состава и ускоряют процесс обработки для дальнейшего включения их в рецептуру продуктов питания [3].

Рассмотрим подробнее грибной порошок «Рейши» в качестве добавки при производстве хлебобулочных изделий. Данное дополнение рецептуры хлебов позволит частично восполнить дефицит витаминов в рационе населения, а также поспособствует выведению радионуклидов из организма человека, что обеспечит профилактику онкологических заболеваний, распространенных в Алтайском крае.

Целью исследования является возможность разработки хлебобулочных изделий с добавкой грибного порошка «Рейши», имеющих лечебно-профилактические свойства.

На основе сформулированной цели поставлены следующие задачи:

1. Определить влияние хлебобулочных изделий с добавкой грибного порошка «Рейши» на организм человека и его здоровье;
2. Установить лечебно-профилактические свойства ХБИ с добавкой грибного порошка «Рейши».

В течение последних десятилетий учёные России, Японии, Кореи, США, Канады и других стран, провели крупные исследования состава, а затем и свойств «Рейши». Гриб в своем составе, помимо витаминов и аминокислот, содержит наиболее активные полисахариды среди лекарственных растений, которые служат источником тритерпеноидов (ганоферовых кислот), останавливающих аллергические реакции, понижающих уровень сахара в крови, повышающих сопротивляемость стрессу, потенцирующих действие супероксиддисмутазы – фермента, который уменьшает действие активного кислорода и препятствует накоплению свободных радикалов [1].

Гриб «Рейши» растет на погибших, преимущественно, лиственных деревьях, он абсорбирует элементы погибших деревьев и растений, и сохраняет их в плодовом теле, мицелии и культуральной жидкости. Благодаря этому свойству гриб имеет большое значение в области медицины и фармакологии.

Главным условием использования грибов в качестве добавки в продукты питания, является их произрастание и сбор в экологически чистых районах Алтайского края и республике Алтай. Закупка сырья в этих районах позволит добиться повышения показателей биологической ценности готового продукта, а также снижение его себестоимости за счет уменьшения расстояния транспортировки сырья и товаров.

Порошок гриба «Рейши» содержит микроэлементы, органические кислоты, кумарины, полисахариды, фитонциды и витамины группы В, С и D, а также калий, магний, кальций и натрий. Наиболее важными соединениями гриба являются тритерпены, полисахариды, ганоферовые кислоты и германий. Данные соединения обуславливают лечебно-профилактические свойства гриба [5].

Гриб «Рейши» относится к группе низкокалорийных пищевых продуктов, богатых физиологически функциональными незаменимыми веществами. Ценность гриба заключается в сбалансированности входящих в его состав природных комплексов, витаминов, микро- и

макроэлементов, в результате чего его биомасса является легко усвояемым источником жизненно важных веществ, дефицит которых отмечается в рационе человека из-за широкого распространения рафинированных продуктов [4].

На основе моделирования с помощью программы «Project Expert» были решены задачи, которые связаны с разработкой модели производства предприятия. Произведен расчет и анализ организационно-экономического решения модели плана производства хлебобулочных изделий с добавкой грибного порошка «Рейши».

Анализ результатов моделирования показывает, что модель производства инновационного проекта обеспечивает окупаемость затрат в период до 5 лет производства. Дисконтированный период окупаемости (DPB) составляет 58 месяцев, что является приемлемым.

Чистый приведенный доход (NPV) составляет 381 301 рублей. Данная величина положительна, следовательно, проект окупается, что подтверждает индекс прибыльности (PI), который при норме от 1 до 1,25 равен 1,16. Выявлен объем необходимых в будущем инвестиций и разработана модель плана производства ХБИ с добавкой грибного порошка «Рейши» в условиях Алтайского края.

Таким образом, производство хлебов и хлебобулочных изделий с добавлением грибов является наиболее оптимальным решением для устранения дефицита полезных веществ в рационе населения Алтайского края. Производство ХБИ с добавкой грибного порошка «Рейши» позволит уменьшить дефицит витаминов в рационе населения региона, а также позволяет способствовать выведению радионуклидов из организма человека.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Капышева У.Н., Бахтиярова Ш.К. Сравнительный анализ биологической ценности мицелия и плодового тела гриба-базидиомицета *Ganoderma lucidum*, Онкология - XXI век, 2017, С. 515-518.
2. Новоселов С.В. Управление инновационными проектами: разработка и практическая реализация инновационных проектов в сфере питания. Части 1 и 2: учебное пособие. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2021. – 400 с.
3. Патент 218.016.957Е, Россия. Состав теста для производства хлеба пшеничного с грибами Вишняк М.Н., Мельберт А.А., Новоселов С.В., Машенская Е.А. - № 0002670515; опубл. 23.10. 2018, Патентная формула.
4. Рацион питания населения: Статистический сборник. Росстат-М.: ИИЦ «Статистика России», 2021 — 220 с.
5. Сокол С., Федорин М., Фиговский О. Органические нано-порошки для промышленного производства. ИВД, 2020, №12 (72).

#### ТЕХНОЛОГИЯ СБОРА-УТИЛИЗАЦИИ ЛИТИЕВЫХ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗРЯДНОЙ СТАНЦИИ

Кузбаев Евгений Олегович, бакалавр АлтГТУ, e-mail:Kuzbaevz2000@mail.ru  
Научный руководитель - Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,  
e-mail: novoselov\_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В рамках работы отражена актуальность разработки технологии сбора-утилизации аккумулятора на литиевой основе. Описано влияние неправильно утилизированного аккумулятора на окружающую среду и здоровье человека. Поставлена проблема безопасности существующих технологий утилизации литиевых источников питания относительно пожароопасности. Выявлено решение проблемы в виде разработки технологии сбора-утилизации литиевых источников питания с применением разрядной станции.*

**Ключевые слова:** Литиевый источник питания, токсичные вещества, пожароопасность, разрядная станция, автоматизированная станция, датчик уровня наполненности, камера хранения, вторсырье.

Актуальность. В последние годы в России загрязнение окружающей среды приобрело массовый характер и продолжает постепенно увеличиваться. Проблема утилизации литиевых аккумуляторных батарей (АКБ) касается всех регионов из-за отсутствия технологии сбора и безопасной технологии утилизации. Речь идёт о перезаряжаемых АКБ, такие аккумуляторы подразумевают многоразовое использование, но и они имеют свойство выходить из строя, после чего выбрасываются.

Ежегодно производство и область применения аккумуляторов на литиевой основе увеличивается. Литиевый источник питания используется смартфонах, фонариках, портативной технике и т.д. В настоящее время наблюдается переход к экологически чистым видам транспорта, основой которых является литиевый АКБ. Количество АКБ увеличивается, а пункты по сбору и утилизации практически отсутствуют, так литийсодержащие отходы могут перерасти в глобальную проблему всего мира [2].

Идея заключается в разработке технологии сбора-утилизации литиевых аккумуляторов. Разработанная технология направлена на разрешение проблемы, а именно на безопасную и эффективную утилизацию аккумуляторов на литиевой основе.

В ходе анализа известных технологий выделена основная причина возникновения проблемы. Предприятия по утилизации портативных аккумуляторов не применяют метод разрядки АКБ, такой способ может не обеспечить безопасность процесса относительно пожароопасности. В результате, возможно возгорание АКБ, так как в нем присутствуют химически агрессивные вещества.

Технический результат, обеспечивающий разрешение проблемы пожароопасности в ходе утилизации химического источника питания (ХИМ), состоит в разработке технологии сбора-утилизации, основанной на патенте RU2676806C1, зарегистрированным Евдокимовым Александром Николаевичем [3].

Технология сбора-утилизации литиевых источников питания (ЛИП) состоит из следующих этапов:

1. Сбор литийсодержащих АКБ. Этап сбора осуществляется за счёт станций. Количество станций 15 штук. В станции есть специальная камера, отвечающая за сбор и хранение АКБ.

2. Транспортировка АКБ в пункт утилизации.

3. Безопасная и эффективная утилизация литиевых источников питания. Утилизация литиевых источников питания по разработанной технологии.

Подробное описание этапов технологии сбора-утилизации представлено ниже.

Этап 1. В технологию сбора входит 15 автоматов, которые отвечают за сбор и хранение ХИМ. Камера хранения (1) расположена с задней стороны автономной станции (рисунок 1), контролировать уровень наполненности и информировать о необходимости вывоза аккумуляторных отходов будет специальный датчик (4). Датчик уровня предназначен для автономного, непрерывного мониторинга состояния наполненности камеры хранения. Отверстие для приема АКБ (2) позволяет поместить химический источник питания в камеру хранения.

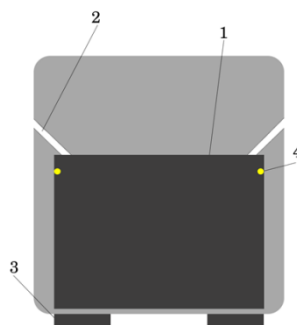


Рисунок 1 - Автоматизированная станция вид сзади (1 - камера хранения аккумуляторных отходов, 2 - отверстие для приема аккумулятора, 3 - ножки станции, 4 - датчик наполненности)

Этап 2. Транспортировка собранных аккумуляторов на предприятие по утилизации химического источника питания на литиевой основе.

Этап 3. Технология утилизации осуществляется по 12 этапам, представленным на схеме (рисунок 3).

Технологией предусмотрено получение вторсырья (карбонат лития, гидроксид железа, хрома, галлия, примеси чёрный лом цветной лом) на схеме выделены зеленым цветом.

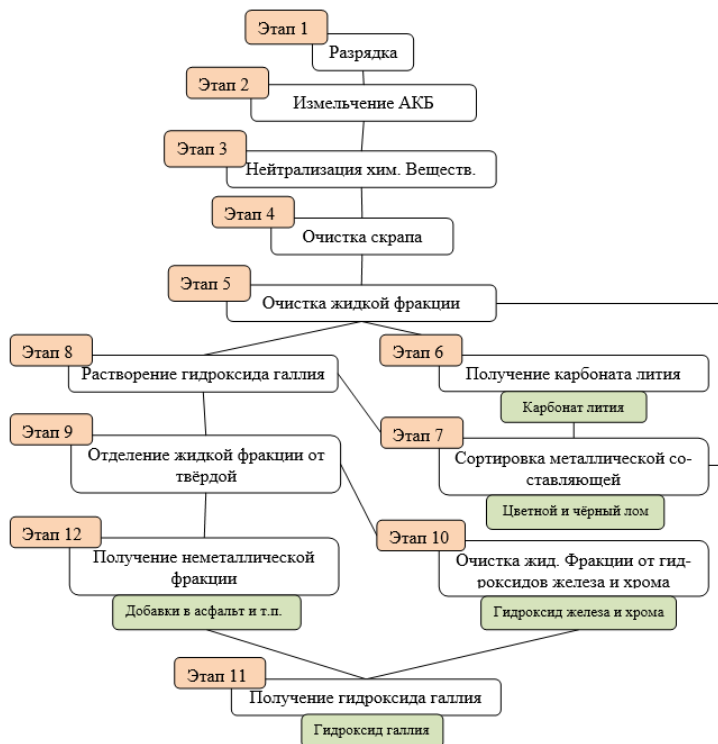


Рисунок 2 - Принципиальная схема этапов технологии утилизации ЛИП

Технология утилизации реализуется по 12 этапам, в основе которой стоит этап разрядки аккумулятора. Разрядка ЛИП, осуществляется при помощи разрядной станции, схема блоков работы станции представлена на рисунке 3, после чего АКБ утилизируется согласно этапам, представленным на схеме (рисунок 2) [2].

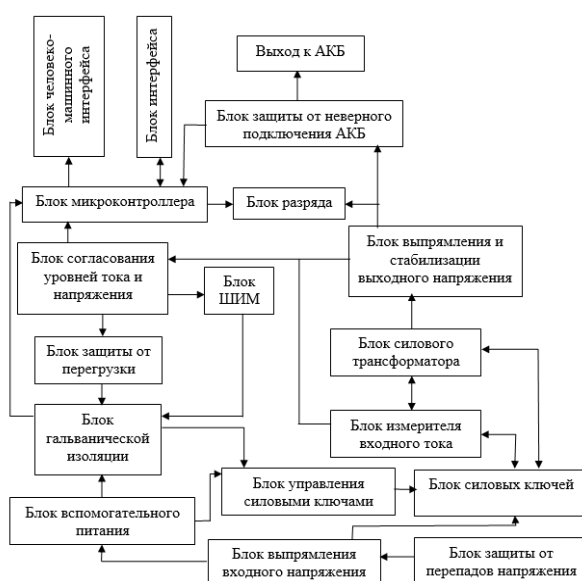


Рисунок 3 – Схема блоков разрядной станции

Разрядка осуществляется при помощи разрядной станции. Разрядка позволяет максимально снизить ёмкость батареи по току, при этом в АКБ остаётся минимальное количество химически агрессивных веществ. Работа устройства начинается с подачи питающего напряжения на блок защиты от перепадов напряжения. В этом блоке входное напряжение фильтруется и дальше подается на блок выпрямления входного напряжения, где переменное напряжение преобразуется в постоянное и подается на блок силовых ключей и блок вспомогательного питания. Блок вспомогательного питания формирует гальванически изолированное от входных цепей питающее напряжение для управляющей части: блока микроконтроллера и блока широтно-импульсной модуляции [2].

Таким образом, усовершенствованием технологии утилизации является разрядка ЛИП на начальном этапе, позволяющем снизить ёмкость аккумулятора по току, что способствует предотвращению проблемы пожароопасности. Разрядка аккумулятора осуществляется при помощи разрядной станции, данный способ позволяет наиболее эффективно разрядить аккумулятор, для дальнейшей утилизации. Технология разработана для утилизации литиевых источников питания, а также технологией предусмотрено получение вторсырья (карбонат лития, гидроксид железа, хрома, галлия, примеси чёрный лом цветной лом), которые необходимы для производства новых продуктов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новоселов С.В., Маюрникова Л.А. Теоретическая инноватика: научно-инновационная деятельность и управление инновациями: учебное пособие ГИОРД 2017.
2. Ольшанская Л.Н. Экологические аспекты утилизации литиевых химических источников тока: учеб. Пособие /Л.Н. Ольшанская, Е.Н. Лазарева, А.П. Клепиков.–2016. -С. 24-26.
3. Патент 2676806, Российская Федерация, МПК С22В 26/12, С22В 3/04, С22В 7/00, Н01М 5/52, Н01М 10/54, Способ утилизации отработанных литиевых источников тока / Евдокимов А.Н.; заявитель и патентообладатель Евдокимов А.Н. – опубл. 11.01.2019.

#### РАЗРАБОТКА СЪЕДОБНОЙ ПОСУДЫ НА ОСНОВЕ ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ МУКОМОЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Сатлаева Виктория Владимировна, студент группы Ин-81, e-mail:viktoriyasatlaeva@mail.ru  
Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,  
e-mail:novoselov\_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В данной работе рассмотрена актуальность инновационного исследования по разработке съедобной посуды на основе побочных продуктов мукомольного производства. Проведен анализ существующих предприятий по производству съедобной посуды, выявлены их преимущества и недостатки. Разработано технико-технологическое решение съедобных тарелок с применением метода научно-технического творчества. Смоделирован план производства съедобных тарелок в программной среде «Project Expert».*

**Ключевые слова:** съедобная посуда, загрязнение окружающей среды, экологическая культура, свекловичная клетчатка, мукомольное производство

Разработка съедобной посуды на основе побочных продуктов мукомольного производства является актуальным направлением научных исследований с целью формирования новшества и на его основе разработки инновационного проекта для практической реализации с целью получения социального эффекта и экономической эффективности.

Общий объем потребления гибкой полимерной посуды в России составляет около 655,5 тыс.т. В связи с этим в нашей стране ежегодно образуются около 180 млн. м<sup>3</sup> твердых бытовых отходов, половину из которых составляет пищевая упаковка и пластиковая одноразовая посуда. Только 3-10% данных отходов перерабатывается, а остальное сжигается или вывозится на полигоны.

Основная доля упаковочных материалов приходится на пластик. За 2010-2020 годы спрос на пластмассы в России увеличился почти в 10 раз, более 38% полимерных материалов используется для производства одноразовой посуды [3].

В пластмассе содержатся вредные для человека химические добавки, которые попадают в организм с пищей и водой. Например, одноразовая посуда изготавливается из полипропилена, поливинилхлорида и полистирола, в составе которых содержится винилхлорид, формальдегид и бисфенол А. Данные добавки, выделяемые из пластиковой посуды, оказывают негативное влияние на почки, сердечнососудистую, неврологическую и дыхательную системы.

Примерно 98% мирового объема полимерных материалов производится из невозобновляемых энергетических ресурсов – продуктов переработки угля, нефти и газа. Помимо истощения запасов необходимость в изменении структуры ресурсов энергопотребления связано с резкими климатическими изменениями, которые связаны с деятельностью человека и загрязнением окружающей среды [3].

Вышесказанные проблемы привели к необходимости созданию съедобной посуды. Новая посуда не требует переработки, её можно принять в пищу, скормить животным или просто выбросить. Подобные отходы являются природными и разлагаются в течение 30 дней.

Съедобные вариации столовых приборов уже используются в течение многих веков. Например, в XVIII веке в Японии была изобретена одноразовая посуда, изготовленная из прессованной рисовой муки: после использования данной посуды по назначению ее можно было съесть. В течение длительного времени широко применяется съедобная упаковка, выпекаемая из вафельного теста в форме стаканчиков, тарелок и чашек.

Съедобная посуда распространена в пищевой промышленности во всем мире. В процессе анализа существующих предприятий по производству съедобной посуды уставлено:

1. Средняя рыночная цена при розничной продаже составляет около 60-70 рублей.
2. Большую часть ассортимента составляют стаканы, остальное – тарелки и ложки.
3. Целевыми потребителями являются предприятия общественного питания.
4. Способы формирования потребительских предпочтений: создание информативного сайта, распространение видеороликов о съедобной посуде, добавление в комплект товара подарка в виде печатной продукции с информацией о товаре.

Существующая съедобная посуда различна и многообразна. Главным недостатком является высокая цена и отсутствие полезных микроэлементов.

Одна из главных задач инновационного проекта – разработка съедобной посуды, обладающей лечебно-профилактическими свойствами, с низкой себестоимостью и высокими физико-механическими характеристиками.

В условиях Алтайского края целесообразно производить посуду из пшеничных отрубей, так как по объёмам производства высококачественной пшеницы край входит в первую пятёрку регионов России.

В результате морфологического анализа выбрана тарелка тёмно-коричневого цвета нейтрального вкуса из пшеничных отрубей с добавкой пищевой свекловичной клетчатки.

Пищевая свекловичная клетчатка – это компонент пищи, не перевариваемый пищеварительными ферментами организма человека, но перерабатываемый полезной микрофлорой кишечника. Пищевая свекловичная клетчатка находится только в клеточных мембранах растений. Главными компонентами свекловичной клетчатки являются целлюлоза и пектин.

Целлюлоза – это природный полимер глюкозы, которая получается в процессе реакции фотосинтеза. Не растворяется в воде и в кислотах, при попадании в желудочно-кишечный тракт впитывает накопившиеся токсины, активно адсорбирует холестерин и выводит это все из организма.

Пектин – это склеивающее вещество растительного происхождения, относится к растворимым пищевым волокнам. Пищевые волокна отличаются по составу и по своим свойствам. Растворимые выводят тяжелые металлы, токсичные вещества, радиоизотопы, холе-

стерин. Нерастворимые, в свою очередь, удерживают воду, способствуя улучшению перистальтики кишечника. В растительных продуктах, как правило, содержатся пищевые волокна разных видов. Организм при разнообразном питании, во-первых, получает необходимое количество волокон, во-вторых, волокна с разным механизмом действия [2].

Свекловичная клетчатка оказывает следующее положительное воздействие на пищевой продукт:

1. Улучшает органолептические свойства посуды;
2. Улучшает реологические свойства замеса для получения посуды;
3. Обеспечивает равномерное распределение удержание влаги в замесе;
4. Повышает микробиологическую устойчивость продуктов;
5. Повышает термостойкость съедобной посуды;
6. Снижает калорийность;
7. Обогащает съедобную тарелку диетической клетчаткой;
8. Продлевает срок годности готового изделия.

Введение свекловичной клетчатки в рецептуру съедобной посуды улучшает лечебно-профилактические свойства.

С помощью программного продукта «Project Expert» разработана модель плана производства съедобных тарелок на основе побочных продуктов мукомольного производства.

Всего для реализации проекта по созданию съедобных тарелок потребуется 2 000 000 рублей:

1. На проведение фундаментальных и прикладных исследований по теме «Съедобная посуда» планируется получение гранта государственной программы «УМНИК» в размере 500 000 рублей.

2. На практическую реализацию проекта по созданию съедобной посуды на основе побочных продуктов мукомольного производства потребуется 1 500 000 рублей. Источником финансирования выступит государственная программа «СТАРТ».

В процессе моделирования плана сбыта была задана цена за 1 съедобную тарелку – 47,00 рублей. Планируемый объем сбыта составляет 145 000 единиц продукции в год.

Анализ результатов показывает, что модель производства инновационного проекта обеспечивает окупаемость затрат в период до 10 лет. Период окупаемости составляет 99 месяцев, индекс прибыльности составляет 1,12, что является нормой для инновационного проекта.

Организацию производства съедобной посуды необходимо проводить на новом предприятии или на базе существующих заводов по производству хлебобулочных и кондитерских изделий, так как для организации производства съедобной посуды потребуется оборудование и инвентарь, требуемые для изготовления обычных кондитерских изделий.

В Алтайском крае подобного производства съедобной посуды нет, что является преимуществом для практической реализации инновационного проекта. Возможны риски из-за отсутствия сформированной экологической культуры у потребителей. Решение таких рисков связано с проведением маркетинговых мероприятий для формирования потребительских предпочтений.

В рамках инновационного проекта предлагается разработать съедобную посуду на основе побочных продуктов мукомольного производства, которая разрешает следующие проблемы:

- воздействие пластика на организм человека;
- загрязнение окружающей среды пластиковым мусором;
- резкие климатические изменения, которые связаны с деятельностью человека;
- истощение запасов энергоносителей.

В процессе формирования на рынке съедобной посуды на основе побочных продуктов мукомольного производства создаётся новый пищевой продукт, обладающий лечебно-профилактическими свойствами.



Таким образом, разработка съедобной посуды является актуальной задачей, которая решается на основе проведения инновационного исследования для разработки технико-технологического решения новшества и организационно-экономического решения модели производства в граничных условиях региона.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новоселов С.В. Управление инновационными проектами: разработка и практическая реализация инновационных проектов в сфере питания. Части 1 и 2: учебное пособие / С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2021. – 400 с.: ил.
2. Патент №2706075 Российская Федерация, МПК А21D 13/33 (2017.01). Одноразовая съедобная посуда / А.В. Ерофеев, К.В. Хубларов; заявитель и патентообладатель ООО «Экопек»./ № 2019109353; заявл. 29.03.2019, опубл. 13.11.2019, Бюл. № 32.
3. Научные достижения и открытия 2020: сборник статей XIII Международного научно-исследовательского конкурса – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение».–2020.– 160 с.

#### ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА РЕЗИНОВОЙ ПЛИТКИ НА ОСНОВЕ КРОШКИ В УСЛОВИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Синкин Владислав Андреевич, бакалавр АлтГТУ, e-mail:vlad.small.sinkin@gmail.ru  
Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, профессор, д.т.н.,  
e-mail: novoselov\_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В ходе работы была выявлена проблема некачественного напольного покрытия в виде резиновой плитки, основой которой является резиновая крошка. Описаны недостатки технологий производства, применение которых ведет к получению некачественного товара. Выявлено решение в виде разработки усовершенствованной технологии производства резиновой плитки на основе резиновой крошки большой дисперсности.*

**Ключевые слова:** резиновая плитка, резиновая крошка, технология производства, холодное прессование, фракция крошки.

По данным «Росстата» в Алтайском крае около одного миллиона человек проживает в сельской местности, коттеджных поселках или загородных домах [3]. В процессе обустройства вышеуказанных территорий перед потребителем стоит задача выбора материала для напольного покрытия. Одним из вариантов такого покрытия становится резиновая плитка, произведенная на основе регенератной резиновой крошки.

Резиновая плитка – это продукт, представляющий собой двухслойное водонепроницаемое покрытие, основой которого является резиновая крошка, полученная в процессе переработки изношенных автомобильных шин. Покрытие устойчиво к механическим и точечным нагрузкам, обладает амортизацией и упругостью.

Проблема – низкое качество резиновой плитки, применяемой для обустройства частных территорий: структура плитки разрушается, поры задерживают в себе грязь, с чем связаны повышение расходов на уход за напольным покрытием и краткосрочный период эксплуатации (до трех лет). В данном случае, проблема не в самом материале, применяемом при производстве резиновой плитки, а в технологии её производства и внешних воздействиях на плитку в процессе производства.

Данная проблема обуславливает актуальность разработки усовершенствованной технологии производства резиновой плитки на основе резиновой крошки в целях получения качественного напольного покрытия с повышенным сроком эксплуатации.

Основными недостатками других технологий являются горячее прессование и применение резиновой крошки малой дисперсности: резиновая плитка, изготовленная этим способом, не обеспечивает надлежащих износостойкости и эластичности, в особенности при воздействиях низких температур и динамических знакопеременных нагрузок. Результатом экс-

плутации такой плитки является ее быстрое разрушение. Недостатком так же является присутствие запаха «горелого каучука» как следствие влияния высоких температур. Применение резиновой крошки малой дисперсности: фракция для наружного слоя плитки относительно крупная и составляет 1-3 мм, следствием является не гладкая поверхность плитки, а также низкий уровень ее плотности. Помимо этого, выявлен недостаток повышенного расхода монтажного клея при установке изготовленной резиновой плитки на ровную поверхность, являющейся основанием, из-за высокой пористости слоя-основы, так как для этого слоя применяют крошку еще меньшей дисперсности, фракция которой составляет 2 -12 мм.

Альтернативой является технология холодного прессования на основе резиновой крошки большой дисперсности, которая хоть и более затратная по времени относительно других технологий, но на выходе конечный продукт получается наиболее качественным, что является определяющим фактором для выбора технологии производства резиновой плитки.

Процесс производства резиновой плитки на основе усовершенствованной технологии происходит в следующие шесть этапов:

Первый этап: установление точных пропорций компонентов смеси посредством взвешивания на электронных весах в соответствии с рецептом изготовления наружного цветного слоя и слоя-основы из резиновой крошки, связующего на основе полиуретана, пигментного красителя и диоксида титана;

Второй этап: подготовка смеси посредством перемешивания резиновой крошки и связующего, основой которого является полиуретан, параллельно этому по отдельности приготавливаются смеси для наружного цветного слоя и слоя-основы, фракция для наружного слоя составляет 0,5-1 мм и к ней добавляется пигментный краситель, фракция для слоя-основы составляет 1-2 мм.

Третий этап: при приготовлении смеси для наружного цветного слоя осуществляется процесс отбеливания данной смеси путем включения в смесь диоксида титана и последующего перемешивания отбеленной смеси с пигментным красителем. Стоит отметить, что красный и серый цвета являются исключением, для получения красного цвета диоксид титана не применяется, а для получения серого – наоборот, применяются только диоксид титана.

Четвертый этап: последовательная выгрузка смеси для наружного цветного слоя, затем смесь для слоя-основы.

Пятый этап: установка пресс-форм со смесями в удерживающие устройства, расположенные друг под другом и образующие вертикальные ряды пресс-форм, и последующее прессование под давлением посредством пресса;

Шестой этап: выдержка полученной смеси не менее 24 часов при температуре не менее 20°C и влажности не менее 65% до полного отверждения с дальнейшей выгрузкой из пресс-формы полученной плитки [2].

В производственную линию по изготовлению резиновой плитки входит следующее оборудование: электронные весы для взвешивания компонентов наполнителя; система смешивания, которая состоит из двух смесителей для приготовления по очереди смеси слоя-основы и двух смесителей для поочередного приготовления наружного цветного слоя, и платформы для расположения смесителей; стол формовочный; комплекты полимерных пресс-форм для производства разнообразных наименований резиновых плиток; удерживающие устройства (рамки-ложементы), в которых расположены пресс-формы; фиксирующие стенды (тележки) для расположения удерживающих устройств с пресс-формами и их передвижения к гидравлическому прессу; пресс гидравлический с насосной станцией; кондуктор для изготовления технологических отверстий в резиновой плитке, который применяется в случае необходимости укомплектовать стыковочными втулками полученную плитку [2].

Следует отметить, что плитка состоит из двух слоев: наружного и слоя-основы. Слой-основа находится снизу плитки и является базой для монтажа на устанавливаемую поверхность. Наружный слой является так называемой «кромкой» резиновой плитки.

Соотношение компонентов для слоя-основы и наружного слоя смеси является разным.

Соотношения компонентов для слоя-основы:

– наполнитель из резиновой крошки фракцией 1-2 мм – 93,507-94,143 %;

– связующее на основе полиуретана – 5,857-6,493 %.

Соотношения компонентов для наружного слоя представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Соотношения компонентов для наружного слоя

Компонент смеси Цвет наружного слоя	Наполнитель из резиновой крошки фракции 0,5-1 мм	Пигментный краситель	Диоксид титана	Связующее на основе полиуретана
Красный	86,99-87,99 %	3,43-4,14 %	–	8,57-9,11 %
Серый	88,72-89,52 %	-	1,7-2,1 %	8,73-9,29 %
Остальные цвета	87-88 %	2,5-3,1 %	0,9-1,0 %	8,6-9,1 %

Технический результат: повышение качества получаемой резиновой плитки за счет получения более гладкой и плотной поверхности, что обеспечивает лучшую защиту от грязи и более эстетичный вид, снижение расхода монтажного клея, исключение образования комков более простой конструкцией смесителей, упрощение производственной линии за счет осуществления процесса холодного отверждения, исключающего необходимость применения термокамеры [2].

Процесс моделирования плана производства и практической реализации усовершенствованной технологии производства резиновой плитки на основе резиновой крошки был произведен с применением программного продукта «Project Expert». Заданы основные сведения о предприятии, произведено инвестиционное планирование, определены план и объём сбыта продукции. Цена на единицу продукции (резиновую плитку размерами 500x500x40 мм) установлена методом суммирования средних издержек и прибыли и является ниже средней стоимости аналогичного товара. План сбыта продукции составлен с учетом сезонности ее продаж, товар реализуется в большей степени в период плюсовой температуры (апрель – сентябрь), так как монтаж плитки рекомендуется осуществлять при температуре не ниже 5°C.

Данная продукция только начинает распространяться на рынке, а значит емкость рынка велика. Товар может занять множество потенциальных ниш. Продукцию можно отнести к средней ценовой категории, поэтому доступен достаточно широкому кругу потребителей. Из вышесказанного можно сделать вывод о высоком потребительском спросе, но из-за низкой осведомленности людей, потребительская активность может быть снижена, поэтому, объем сбыта будет увеличиваться с повышением осведомленности.

Социальный эффект заключается в улучшении качества резиновой плитки, следствием является более долгий срок эксплуатации, что положительно сказывается на уровне жизни населения. В качестве сырья используется резиновая крошка, полученная при переработке вторичного сырья, что положительно влияет на экологическую ситуацию в регионе.

Таким образом, разрабатываемая усовершенствованная технология производства резиновой плитки на основе крошки позволяет устранить недостатки других технологий, следствием применения которых является получение некачественного товара. Учтены основные факторы, влияющие на качество резиновой плитки. Производство планируется реализовать с помощью оказанной поддержки Государственной программы РФ «Комплексное развитие сельских территорий», направленную на социально-значимые проекты по благоустройству территорий [4].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новоселов С.В. Управление инновационными проектами: разработка и практиче-

ская реализация инновационных проектов в сфере питания. Части 1 и 2: учебное пособие / С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2021. – 400 с.: ил.

2. Патент 2624645С2, Россия, RU2624645С2. Способ изготовления резиновой плитки / Ахметов А.И.; заявитель и патентообладатель Ахметов А.И. - № 2015118733; заявл. 19.05.2015; опубл. 05.07.2017, Патентная формула

3. Численность населения Алтайского края [Электронный ресурс]: [официальный сайт] 2022. URL: <https://численность-населения.рф/алтайский-край>

4. Развитие сельских территорий. [Электронный ресурс]: [официальный сайт] Москва, 2022. URL: <https://www.rssm.su/projects/>

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ДРЕВЕСНОГО УГЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОЖИГА ГАЗОВ

Соломатов Семен Павлович, бакалавр АлтГТУ, e-mail:solomatov.semen@mail.ru

Научный руководитель - Новоселов Сергей Владимирович, профессор, д.т.н.,  
e-mail:novoselov\_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В рамках работы отражена актуальность создания усовершенствованной технологии производства древесного угля. Показано влияние древесного угля на разные сектора экономики и жизнь человека. Выявлено решение в виде разработки усовершенствованной технологии древесного угля с применением дожига газов и разогрева соседней печи.*

**Ключевые слова:** Древесный уголь, пиролизный газ, дожиг газов, пиролизная печь, технология производства древесного угля.

Актуальность темы обуславливается тем, что древесный уголь пользуется спросом как в социальной, так и в производственных сферах: в качестве топлива для каминов, мангалов и т.п. В черной и цветной металлургии как восстановитель, в производстве чистого кремния, который используется для изготовления полупроводников. В производстве стекла, хрусталя, красок, электродов, пластмасс. В сельском хозяйстве, как кормовая добавка животным или удобрение для растений. В качестве антикоррозионных порошков и смазок. В производстве электроугольных изделий, например в щетках электродвигателя для стиральных машин. В качестве наполнителя для пластмасс, например прессовочные материалы специального назначения [3].

Необходимость данного продукта для населения подтверждается данными поисковой системы «Яндекс», которая отражает количество запросов по данному продукту в месяц. (Рисунок.1). Как мы видим, график имеет растущую тенденцию, но есть спады, связанные с сезонностью спроса на продукт.

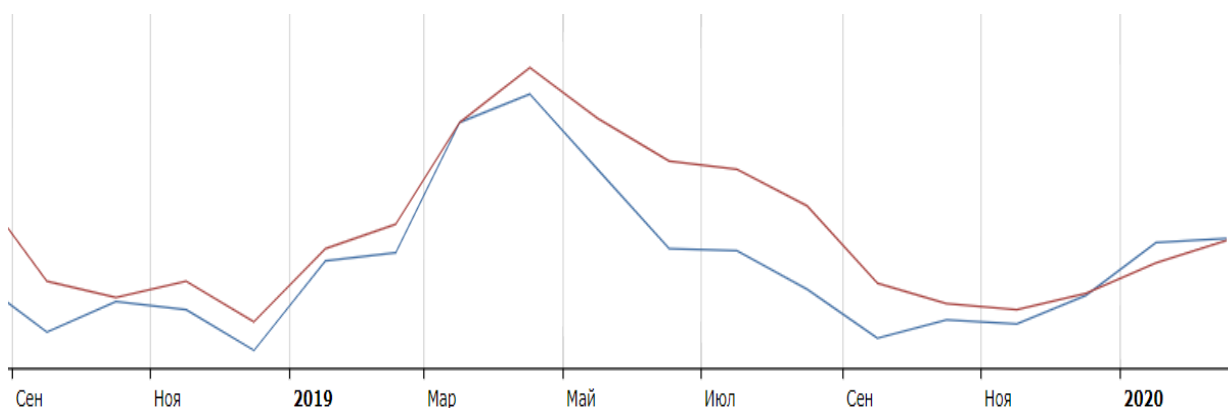


Рисунок 1 - Количество запросов «древесный уголь» в поисковой строке «Яндекс»

Древесный уголь - это микропористый высокоуглеродистый продукт, образующийся при пиролизе древесины с ограниченным доступом воздуха. Пиролиз древесины - это термическое разложение древесины с ограниченным количеством кислорода. В результате этого процесса получают твёрдые, жидкие и газообразные продукты. Преимущество использования древесного угля вместо обычного сжигания древесины заключается в отсутствии воды и других компонентов. Это позволяет древесному углю выделять очень мало дыма и не воспламеняться открытым огнем. При пиролизе древесины сохраняется структура её проводящих тканей, поэтому в образующимся древесном угле имеется большое количество капилляров и пор, обладающих большой суммарной поверхностью, что способствует его высокой адсорбционной способностью. При обычной температуре древесный уголь может выступать в роли «губки» и адсорбировать различные вещества из их растворов, а также газы, в том числе и инертные.

На основе актуальности возникает проблема дефицита на рынке высококачественного древесного угля, то есть марки А и Б по ГОСТ 7657-84, употребляемого в качестве топлива для мангалов и каминов с низкой себестоимостью на территории Алтайского края.

В своей истории технология древесного угля претерпевала значительные изменения и имела множество вариантов, таких как: 1. Кучное и ямочное производство древесного угля. 2. Вертикальную ретортную печь. 3. Кирпичная углевыжигательная печь.

Данная тема не поменяла своей актуальности, так как и сегодня идут разработки по усовершенствованию технологий производства древесного угля [3].

В ходе поиска разработок технологий древесного угля был найден патент - RU132799U1, зарегистрированный Самойленко Сергей Анатольевичем в 2012 году. Изобретение относится к лесной промышленности и предназначена для пиролиза древесных отходов, древесины и может быть использована для производства древесного угля.

Углевыжигательная печь (Рисунок 2), содержащая горизонтально расположенный корпус, который снабжен загрузочным и разгрузочными люками, в нижней части корпуса размещена топка, которая сообщена с дымовой трубой, отличающаяся тем, что во внутреннем пространстве корпуса печи дополнительно установлен, по меньшей мере, один газоход, нижняя часть которого заведена в топку.

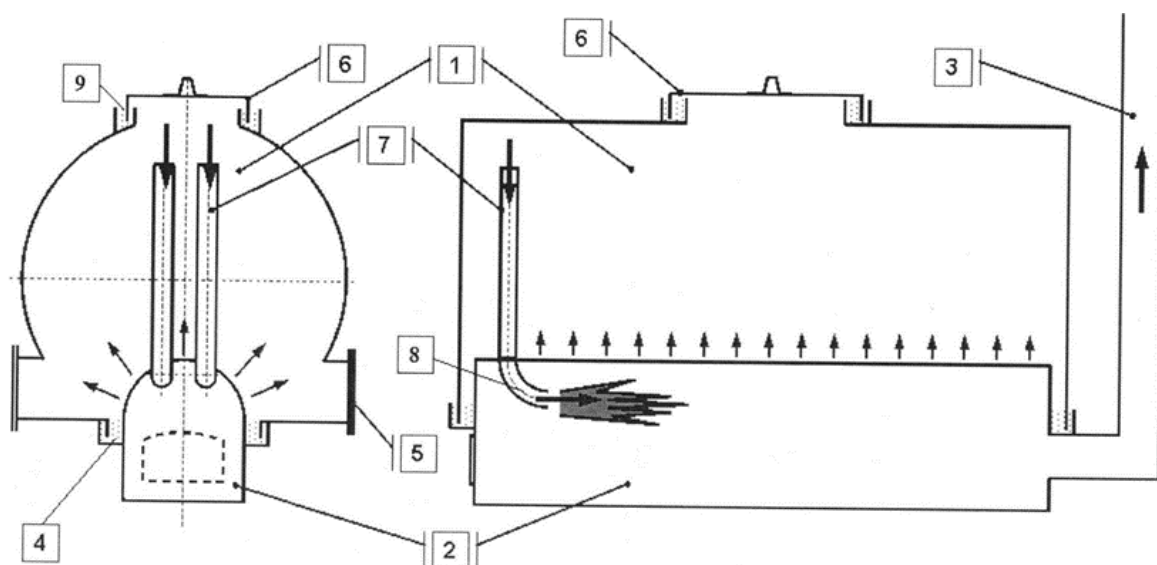


Рисунок 2 - Углевыжигательная печь для производства древесного угля

- 1 - Корпус изготовленного из металла, расположенный горизонтально; 2 - топка с дверцей;
- 3 - труба для выхода дымовых газов; 4 - затвор; 5 - люк для выгрузки угля; 6 - загрузочный люк; 7 - верхняя часть газохода; 8 - Нижняя часть газохода; 9 - песчаный затвор

Несмотря на все преимущества, недостатком этой печи является то, что большое количество газов, выходящих в топку, а затем в дымовую трубу попросту вылетает в атмосферу.

Техническим решением данной проблемы выступает технология производства древесного угля, основанная на патенте № RU132799U1. Она представляет из себя две пиролизных печи соединенных между собой одним дополнительным газоходом. Процесс производства древесного угля в одной такой печи состоит из 4 стадий: 1. Первая стадия (сушки) – поглощением тепла сырьем, загруженным в люк от стенки топки печи. 2. Вторая стадия - начало разложения древесины. 3. Третья стадия - стадия пиролиза. 4. Четвертая стадия – стадия прокаливания древесины. В ходе распада древесины, выделяется огромное количество газа, и он не успевает сгорать в топке, а вылетает в атмосферу. Суть новшества заключается в том, чтобы добавить еще один газоход из загрузочного люка, но направить его в топку соседней печи, тогда после запуска первой печи и достижения ею стадии пиролиза, газ начнет поступать в топку этой же печи и одновременно в топку второй печи. Вторая печь в свою очередь будет только запускаться и газ, поступающий из первой печи, будет помогать разогревать вторую печь, что позволит уменьшить затраты на сырье для топки и повысить качество производимого продукта (рисунок 3).

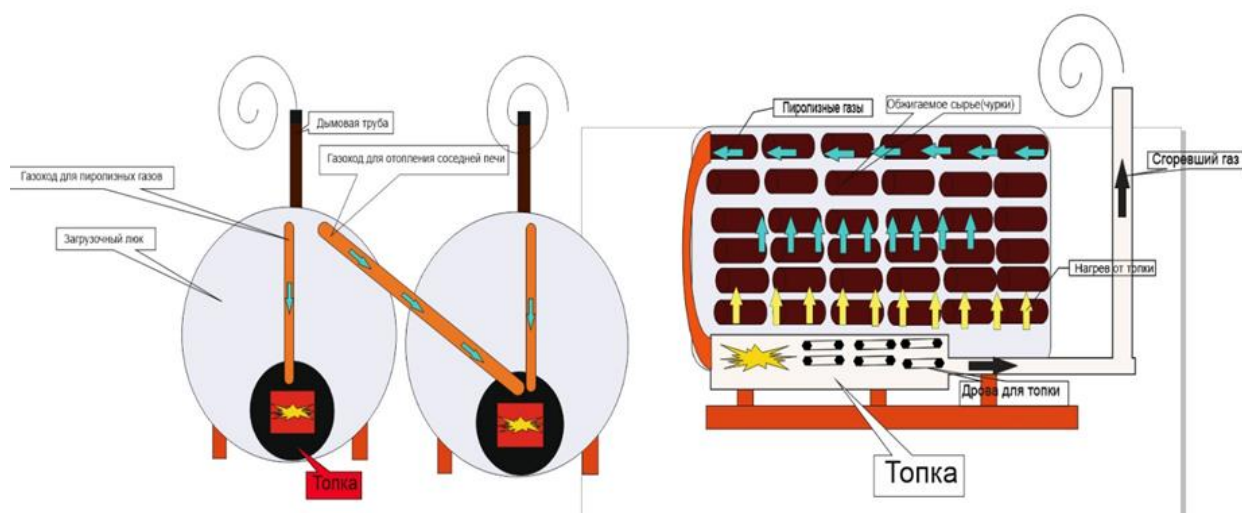


Рисунок 3 - Схема установки пиролизных печей по усовершенствованной технологии производства древесного угля

В ходе процесса инновационной деятельности был составлен расчет модели плана производства новой технологии и произведенного с помощью ее нового товара в программной среде «Project Expert».

Разработана модель предприятия по производству древесного угля по усовершенствованной технологии дожига газов и разогрева соседней печи. Рассмотрены всевозможные пути жизнедеятельности предприятия в соответствии с разными сценариями на базе «Project Expert».

В процессе работы в программе была введена общая информация о проекте, составлен календарный план реализации, который включает в себя перечень необходимых этапов для реализации инновационного проекта производства древесного угля по усовершенствованной технологии. Для расчета стоимости указаны цены каждого компонента, входящего в календарный план, а именно стоимость оборудования, работ, необходимых материалов и конструкций, набор персонала и т.д. Составлен план сбыта продукции с учетом сезонности продаж данного продукта. Сезон продаж приходится на апрель – август календарного года. Связано это с тем, что на теплое время года в большей степени приходится сезон отпусков и в общей сложности население больше выбирает такой вид отдыха, как пикник на природе. Стоимость продукции складывается из стоимости всего производства единицы продукции, которая представляет из себя бумажный пакет, с древесным углем весом 2 килограмма [1].

Таким образом, разработанная технология производства древесного угля с дожигом газов и отопления соседней печи позволила устранить, выявленные ранее недостатки существующих технологий производства древесного угля. Проведённый опытным путем на производстве древесного угля в Алтайском крае анализ усовершенствованной технологии доказал ее преимущества перед другими по следующим показателям: Качество продукции древесного угля по ГОСТ 7657-84, стоимость технологии, себестоимость конечного продукта, уменьшение вредоносных выбросов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новоселов С.В. Теоретическая инноватика: научно-инновационная деятельность и управление инновациями: учеб. пособие /С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова. - СПб.: ГИОРД, 2017. - 416 с.
2. Патент 132799U1, Россия, RU132799U1. Углевыхжигательная печь / Самойленко С. А.; заявитель и патентообладатель Самойленко С.А. - № 2012148221; заявл. 12.11.2012; опубл. 27.09.2013, патентная формула
3. Лесной портал Леспроминформ: статья / Юдкевич Ю. А.; - [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://lesprominform.ru/jarticles.html?id=1246>

#### МОБИЛЬНОЕ ЗАРЯДНОЕ УСТРОЙСТВО С ПРИМЕНЕНИЕМ СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ

Фёдорова Валерия Александровна, студент кафедры «Механика и инноватика»,  
e-mail: lera.fedorova2000@mail.ru

Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,  
e-mail: novoselov\_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Разработка мобильного зарядного устройства с применением солнечной энергии с учетом моделирования производства в программном продукте «Project Expert». Зарядное устройство с применением солнечной энергии решает проблему заряда аккумулятора мобильного телефона в полевых условиях и в районах отдаленных от электрических сетей. Разработано технико-технологическое и организационно-экономическое решения нового товара. Приведены достоинства зарядного устройства с применением солнечной энергии в сравнении с аналогами.*

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, солнечная энергия, солнечный элемент, модель зарядного устройства, инновационный проект, система управления.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) являются перспективной альтернативой углеводородным топливным ресурсам. ВИЭ – источники энергии, образующиеся на основе постоянно существующих или периодически возникающих процессов в природе, а также жизненном цикле растительного и животного мира и жизнедеятельности человеческого общества.

К возобновляемым источникам энергии относят: гидро-, солнечную, ветровую, геотермальную, гидравлическую энергии, энергию морских течений, волн, приливов, температурного градиента морской воды, разности температур между воздушной массой и океаном, тепла Земли, биомассу животного, растительного и бытового происхождения, водородную энергетику, низкопотенциальное тепло вентиляционных выбросов, воды естественных и искусственных водоемов [1].

Преобразование солнечной энергии в электрическую является важнейшим направлением в решении энергетических, экономических, экологических и социальных проблем населения, промышленности и сельского хозяйства. Представляя получение энергии в наиболее удобной форме, фотоэлектрический способ преобразования солнечной энергии является не только надежным, долговечным и экологически чистым, но и сам может быть ис-

пользован для улучшения экологической обстановки в месте использования, а в перспективе – и для регулирования экологических условий на больших территориях.

При активном использовании функционала телефона, зарядки мобильного устройства может хватить всего на несколько часов. Если нет возможности находиться рядом с источником электросети, то важным техническим решением для эксплуатации мобильного телефона является применение солнечного элемента. Исследования в данной области перспективны на основе процесса научно-инновационной деятельности «от идеи до потребителя» в системе «наука и образование – производство – рынок».

Продолжительность солнечного сияния в Алтайском крае составляет в среднем 2000-2300 часов в год, а количество энергии падающего на 1 квадратный метр поверхности находится в интервале от 3 до 4 кВт/ч, что делает актуальным практическую реализацию инновационного проекта в условиях региона.

Выдвинута гипотеза: разработка зарядного устройства (ЗУ) с применением солнечной энергии и на его основе инновационный проект предоставляет возможность зарядить аккумулятор мобильного телефона без наличия сети питания электроэнергией.

При разработке зарядного устройства с применением солнечной энергии нужно выявить необходимые качества и свойства. Данная проблема возникает перед новатором на начальных этапах инновационного цикла. С помощью морфологического анализа разработчик может детально изучить каждый компонент инновационного проекта и выбрать наилучший вариант [2].

В качестве источника энергии используем потоки солнечного излучения. С помощью фотоэлектропреобразователя энергия фотонов света преобразуется в электрическую. Солнечный элемент монокристаллический кремневый позволяет добиваться высокого коэффициента эффективности работы. В качестве источника питания используем никель-кадмиевый (Ni-Cd) аккумулятор. Применяем микроконтроллер для управления зарядом аккумулятора. Возможна комбинация типов солнечных элементов, а также их расположения, для получения оптимального уровня заряда [3].

Необходимо выявить конкурентные преимущества зарядного устройства с применением солнечной энергии в сравнении с аналогами для прогнозирования развития, оценки инновационного потенциала и на их базе разработки инновационного проекта. Карта технического уровня ЗУ с применением солнечной в сравнении с аналогами представлена в таблице 1.

Карта технического уровня ЗУ с применением солнечной энергии в сравнении с аналогами показала уровень качества нового товара.

Граничными условиями инновационного проекта является Алтайский край и другие субъекты Российской Федерации. Характерны следующие основные факторы разработки инновационного проекта:

- Факторы, формирующие качество зарядного устройства с применением солнечной энергии. Наличие материальных ресурсов: солнечная батарея, аккумуляторная батарея, контроллер заряда аккумулятора, линейный генератор. Творческий коллектив, состоящий из высококвалифицированных специалистов.

- Факторы, стимулирующие качество зарядного устройства с применением солнечной энергии. Социальная и экономическая целесообразность и эффективность производства, цена, мотивация персонала.

- Факторы, сохраняющие качество зарядного устройства с применением солнечной энергии. Послепродажное обслуживание: диагностика и ремонт зарядных устройств.



Таблица 1 – Карта технического уровня зарядного устройства с применением солнечной энергии в сравнении с аналогами

Параметры	Зарядное устройство с применением солнечной энергии	Аналоги	
		Сетевые зарядные устройства	Беспроводные зарядные устройства
Достоинства	Возможность применять устройство при отсутствии электроэнергии. Мобильность. Долгий срок службы.	Заряжают гаджет и осуществляют передачу необходимых данных, например фотографий, от одного устройства к другому.	Мобильность.
Недостатки	Значительное снижение эффективности работы солнечных батарей в пасмурную погоду.	Постоянно необходим доступ к электрической сети.	Увеличенное время заряда.
Сила тока, Ампер	2	0.1-3	1
Напряжение, Вольт	5	5,3	5
Мощность, Ватт	5	2,5-100	5-10
Цена сбыта, рубли	3 175	300-1 600	400-1 500
Масса, грамм	24	40	87
Размер	длина-200 мм, ширина- 40 мм	длина-40 мм, ширина-25 мм, высота-80 мм	длина-20 мм, ширина-95 мм, высота-95 мм
Срок службы	Более 5 лет	24 месяца	24 месяца

Разработка основных положений инновационного проекта направлена на экономическое обоснование производства зарядного устройства с применением солнечной энергии. С помощью программы «Project Expert» создана модель производства зарядного устройства. В программном продукте «Project Expert» разработан план производства зарядных устройств с применением солнечной энергии, согласно которому с 01.05.2022 по 2023 год объем производства равен 2784 штук, за 2024,2025, и 2026 составляет 4800 штук. Интегральные показатели модели плана производства приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Интегральные показатели модели плана производства

Показатель	Количество
Ставка дисконтирования, %	8
Период окупаемости, месяц	50
Чистый приведенный доход, NPV, рубли	175 164
Индекс прибыльности, PI	1,07

Модель производства зарядного устройства с применением солнечной энергии экономически перспективна, о чем свидетельствует период окупаемости 50 месяцев и индекс прибыльности 1,07, что является нормой для инновационного проекта.

На основе анализа чувствительности модели производства установлено, что наибольшее влияние на инновационный проект оказывают прямые издержки и цена сбыта продукции.

В результате инновационного исследования выявлены следующие риски: технологические, организационно-экономические, риски апробации, риски на фазе роста жизненного цикла зарядного устройства, экологические. Разработаны мероприятия для минимизации влияния данных рисков на инновационный проект.

Социальный эффект от практической реализации инновационного проекта заключается в следующем:

- мобильность;
- предлагаемая к промышленному освоению технология производства зарядного устройства с применением солнечной энергии является ресурсосберегающей;
- организация подобного производства и его дальнейшее организационное развитие позволит создать дополнительный кумулятивный эффект развитию ресурсосберегающих технологий.

Таким образом, солнечная энергетика одно из перспективных направлений возобновляемой энергетики, основанное на использовании солнечного излучения для получения энергии. Инновационный проект экономически эффективен и способствует повышению качества жизни населения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Альтернативные источники энергии. Учебное издание. – М.: ИП РадиоСофт, 2014. – 248с.
2. Новоселов С.В. Теоретическая инноватика: научно-инновационная деятельность и управление инновациями: учеб. пособие / С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова. - СПб.: ГИОРД, 2017. - 416 с.
3. Фёдорова В.А. Моделирование зарядного устройства с применением солнечной энергии. // Наука и молодежь: материалы XVIII Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых (19–23 апреля 2021 года, г. Барнаул) – Барнаул, 2021. - С.324–326.

#### АКТУАЛЬНОСТЬ РАЗРАБОТКИ КОМПОЗИЦИОННОГО БИОРАЗЛАГАЕМОГО МАТЕРИАЛА НА ОСНОВЕ ХИТИНА

Чебулин Евгений Алексеевич, студент группы Ин-91, e-mail:chebulin.ea@gmail.com  
 Научный руководитель – Новоселов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,  
 e-mail:novoselov\_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрена актуальность разработки и производства композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина. Проведен анализ существующих предприятий по производству композиционных биоразлагаемых материалов. Разработано технико-технологическое решение композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина с применением методов научно-технического творчества. Составлен план производства композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина в программной среде «Project Expert».*

**Ключевые слова:** композиционные материалы, загрязнение окружающей среды, хитин, биоразлагаемые полимеры, возобновляемые ресурсы.

Мировое производство полимеров в 2021 г. составило 250 млн. т. и возрастает в среднем на 6-7 % ежегодно. Удельное потребление полимеров в развитых странах достигло 110 кг/чел. в год и продолжает увеличиваться. Все произведённые полимерные материалы после периода эксплуатации становятся полимерными отходами и нуждаются в утилизации. Бытовые отходы, и изделия, получаемые на их основе, остаются в окружающей среде на долго, тем самым нанося вред, как биосфере, так и ноосфере. Загрязнение пластиком - одна из причин гибели животных, ухудшения качества воды и почвы. В процессе разложения полимерные материалы загрязняют почву и грунтовые воды вредными химическими веществами. Под воздействием ультрафиолета и осадков они медленно распадаются на микроскопические частицы.

При дефиците органического сырья полимерные отходы становятся материальным и энергетическим ресурсами, то есть важным экономическим фактором. Повторное использование сократит использование естественных ресурсов, снизить выбросы в окружающую среду и уменьшить потребление энергии [3].

Создание материалов, которые могут стать альтернативой не разлагаемым пластмассам – актуальная задача, решение которой очень важно для современной науки и человечества в целом. Биополимеры обладают схожими с полимерами физико-механическими свойствами, однако при соответствующих условиях могут разлагаться на нейтральные для окружающей среды вещества, к тому же широко распространены и полностью возобновляемы. Перспективными материалами на этом фоне выглядят биополимеры на основе хитина.

Хитин – потенциально неограниченный и возобновляемый сырьевой источник, который можно легко переработать в различные материалы, такие как мембраны, губки, гели, каркасы, нано-частицы и нано-волокна, и один из самых распространенных природных полимеров, содержащийся в раковинах членистоногих и вырабатываемый грибами и бактериями, легко образует связи с другими веществами, гипоаллергенен, биосовместим и биологически разлагаем. Ежегодно в биосфере производится и разлагается около 10 миллиардов тонн хитина [3]. Наиболее подходящим для получения хитина является гриб Моховик, так как при низкой стоимости он содержит 15,7 гр. хитина в 100 гр. гриба [4].

Поливиниловый спирт (ПВС) является высокоэффективным эмульгирующим, адгезионным и пленкообразующим полимером, обладающим высокой прочностью на разрыв и гибкостью, однако он гидроскопичен. Вода действует на полимер как пластификатор, и при большой влажности у ПВС уменьшается прочность на разрыв, но увеличивается эластичность.

Исходя из этого можно сделать вывод: необходимо уменьшить поступление в окружающую среду не разлагаемых полимеров путем создания разлагаемого, не токсичного, полностью возобновляемого полимера, для последующего применения при производстве в машиностроительной, строительной, тяжелой, автомобилестроительной и многих других сфер промышленности.

Биоразлагаемый композиционный материал на основе хитина может заменить множество используемых сейчас не разлагаемых полимерных материалов, например, таких как – пластик.

Основными недостатками материалов-аналогов являются: высокая цена, низкие физико-механические свойства, отсутствие возможности повторного использования.

Главная задача инновационного проекта – разработка композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина, обладающего низкой себестоимостью, полной биodeградацией, и высокими физико-механическими характеристиками.

В процессе анализа материалов-аналогов установлено:

1. Средняя рыночная цена при оптовой продаже составляет около 675 рублей за кг;
2. Температура плавления: 178 °С;
3. Срок разложения: от 2 до 23 недель;
4. Отсутствует возможность повторного использования.

Композиционный биоразлагаемый материал на основе хитина целесообразно производить в условиях Алтайского края, так как стоимость аренды промышленных помещений, наличие квалифицированных кадров и предприятий по производству полимерных материалов, необходимого сырья и оборудования способствуют этому.

Производство состоит из двух этапов [2]:

1. Обработка сырья для получения хитина;
2. Получение композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина методом мокрого формования.

В результате морфологического анализа выбраны следующие решения:

1. Композиционный биоразлагаемый материал на основе: хитина;
2. Свойства материала: упругий;
3. Добавка: ПВС;
4. Конечное состояние материала: жидкое состояние (1 неделя); полутвердое состояние (1.5 недели);
5. Предприятие: существующее предприятие, новое предприятие (МИП);

6. Способ изготовления изделий из композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина: формовка на предприятии по изготовлению продукции из полимеров.

Предполагаемые физико-механические характеристики композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина [4]:

1. Прочность при разрыве  $\sigma_r$ , Мпа: 13.3-9.2;
2. Относительное удлинение при разрыве  $\epsilon_r$ , %: 460-25.1;
3. Температура плавления: 279 °С;
4. Цвет: светло-желтый, полупрозрачный;
5. Массовая доля влаги: меньше 2%;
6. Модуль упругости E, Мпа: 200-350.

Приблизительное изменение массы композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина в почве не обогащенной гумусом, без добавления воды [2]:

1. Через две недели - 50% от общей массы;
2. Через четыре недели - 25% от общей массы;
3. Через пять недель - 23 % от общей массы (полностью разложился).

Приблизительное изменение массы композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина в почве, обогащенной 5 гр. гумусом, с добавления воды [2]:

1. Через две недели - 48% от общей массы;
2. Через четыре недели - 52% от общей массы (полностью разложился).

Ожидаемый социальный эффект: композиционный биоразлагаемый материал на основе хитина является полностью биологически разлагаемым, и распадается на азотосодержащие полисахариды, что положительно сказывается на почву и произрастающей на ней растительности. Композиционный биоразлагаемый материал на основе хитина имеет стоимость на 45 % меньше, чем материалы аналоги, и при его производстве в окружающую среду не выделяется вредных выбросов и отходов, с возможностью переработки для последующего производства, что позволит эффективнее экономить и использовать ресурсы и уменьшить поступление в окружающую среду не разлагаемых полимеров.

С помощью программного продукта «Project Expert» разработана модель плана производства композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина.

Всего для реализации проекта по созданию композиционного материала на основе хитина потребуется 1 875 000 рублей:

На проведение фундаментальных и прикладных исследований по теме «Композиционный биоразлагаемый материал на основе хитина» планируется получение гранта государственной программы «УМНИК» в размере 500 000 рублей.

Реализация проекта по созданию композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина потребует 1 375 000 рублей. Источником финансирования выступит государственная программа «СТАРТ».

В процессе моделирования плана сбыта была задана цена за 1 кг - 350 рублей. Планируемый объем сбыта составляет 110 850 кг. продукции в год.

Анализ результатов показывает, что модель производства инновационного проекта обеспечивает окупаемость затрат в период до 6 лет. Период окупаемости составляет 56 месяцев, индекс прибыльности составляет 1,16, что является нормой для инновационного проекта.

В Алтайском крае на 2022 год нет производства биоразлагаемых полимеров, что является преимуществом для практической реализации инновационного проекта.

Решение таких глобальных проблем, как загрязнение окружающей среды пластиком и истощение природных ресурсов, предполагает разработку композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина.

Таким образом, разработка композиционного биоразлагаемого материала на основе хитина является актуальной задачей для проведения инновационного исследования, разработки технико-технологического решения новшества и организационно экономического решения модели производства в условиях Алтайского края. Производство и практическое при-

менение позволит сократить поступление в окружающую среду не разлагаемых полимерных материалов. Исследования в данной области перспективны и могут быть использованы в условиях Алтайского края.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новоселов С.В. Управление инновационными проектами: разработка и практическая реализация инновационных проектов в сфере питания. Части 1 и 2: учебное пособие / С.В. Новоселов, Л.А. Маюрникова. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2021. – 400 с.: ил.
2. Галкин Е.С. Биоразлагаемый материал на основе хитина / Е.С. Галкин, Д.А. Казачков, Д.В. Байгозин. / Молодой ученый. 2021. № 35 (377). С. 1-3
3. Никитенко П. Хитозан – полимер будущего / П. Никитенко, Л. Хрустицкая // Наука и инновации. – 2013. – № 9. – С. 14
4. Осовская И.И. Дополнительные главы технологии полимерных материалов. Физико-химические свойства хитина, хитозана и волокон на их основе: учеб. пособие / И.И. Осовская. - СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2021. - 80 с.

#### СИСТЕМЫ СЕЙСМОИЗОЛЯЦИИ СО СКОЛЬЗЯЩИМ ПОЯСОМ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ

Шипилова Анна Васильевна, бакалавр АлтГТУ, e-mail: anyaship55@gmail.com  
Научный руководитель - Новосёлов Сергей Владимирович, д.т.н., профессор,  
e-mail: novoselov\_sv@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Актуальность применения систем сейсмоизоляции со скользящим поясом на сейсмических активных территориях Российской Федерации. Показана схема и описание системы сейсмозащиты со скользящим поясом. Приведены технико-экономические показатели экспериментального дома с системой сейсмоизоляции со скользящим поясом. Выявлены основные конкурентные преимущества применения методы сейсмоизоляции со скользящими опорами.*

**Ключевые слова:** система сейсмоизоляции со скользящими опорами, методы сейсмозащиты, традиционный метод, специальный метод, сейсмическое воздействие

Землетрясение – опасное природное динамическое явление, которое обладает огромной силой и наносит большой вред территории, на которой оно происходит: нарушение привычной деятельности населения, гибель людей, разрушение промышленных и строительных объектов и уничтожение материальных ценностей.

Территория Российской Федерации характеризуется умеренной сейсмичностью, за исключением районов, расположенных в сейсмоактивных зонах. В связи со строительством многоэтажных зданий в сейсмоактивных районах возникает задача сейсмобезопасности возводимых зданий. Решение этой задачи гарантирует безопасность населения, проживающих в сейсмоопасных регионах Российской Федерации.

Системы сейсмозащиты зданий и сооружений по принципу их работы, можно классифицировать на традиционную и специальную.

Под традиционным методом сейсмозащиты зданий от сейсмических воздействий предполагается увеличение несущей способности конструктивных элементов, за счет увеличения их размеров и массы. Данный метод приводит к увеличению сметной стоимости объекта. Традиционный метод сейсмозащиты зданий является основным в практике строительства, хорошо развит расчётный аппарат, накоплен опыт строительства подобных зданий. Для уникальных и технически-сложных строений данный метод зачастую неприменим [1].

К недостаткам традиционного метода можно отнести:

- сооружение не должно быть очень высоким;
- потребность в равномерном распределении массы строительной конструкции;

- сооружение в плане должно быть центрально-симметричным.

Специальные методы сейсмоизоляции зданий, в том числе и система сейсмоизоляции со скользящими опорами могут применяться для технически-сложных зданий, а также для более простых. Применение метода сейсмоизоляции со скользящими опорами позволит увеличить надежность зданий, при этом снижая затраты на строительство.

Система сейсмоизоляции со скользящими опорами, относящаяся к специальным методам сейсмоизоляции зданий может применяться как для технически-сложных зданий, так и для более простых. Данный метод позволит увеличить надёжность возводимых зданий, при этом снижая затраты на строительство.

Благодаря силам сухого трения, система сейсмоизоляции с применением скользящих опор позволяет обеспечивать жесткую кинематическую связь здания с колеблющимся основанием, пока суммарная инерционная сила не превысит порога срабатывания. Система сейсмозащиты позволяет обходиться без установки дополнительных гасителей колебаний, так как поглощение и рассеивание энергии колебаний при относительном проскальзывании опорных элементов весьма значительно.

Система сейсмоизоляции со скользящим поясом состоит из опор, между которыми установлены прокладки из материала фторопласт-4 в паре трения с пластинами из нержавеющей стали (Рисунок 1) [2].



Рисунок 1 – Элементы скользящего пояса

Основным компонентом в технологии скользящего пояса, является устройство системы скольжения, которое включает в себя два элемента: элемент минимизации трения и элемент ограничения значительных горизонтальных перемещений. Скользящим элементам требуется низкий коэффициент трения, а также высокая несущая способность для принятия вертикальной нагрузки это необходимо для обеспечения эффекта сейсмоизоляции. Этажность и высота зданий оказывает значительное влияние на эффективность использования сейсмоизолирующего скользящего пояса.

В таблице 1 приведены показатели экспериментального дома с применением скользящего пояса в сравнении с результатами для аналогичных зданий.

Применяя метод сейсмоизоляции со скользящими опорами, расчётная сейсмичность зданий снижается, как правило, на один балл. Снижается показатель расхода стали в сравнении с домами, где применяется традиционный метод сейсмозащиты на 4-12%, а сметная стоимость дома в целом снижается на 3,5-7%. Значительно снижаются масштабы антисейсмических действий.

По итогам экономических расчетов, для 4 корпусов общежитий в городе Фрунзе площадью 6,5 тысяч м<sup>2</sup> применение метода сейсмозащиты зданий со скользящими опорами поз-

волил снизить стоимость, предусмотренную сметой на 43 тысячи рублей, примерно на 6%. При этом был снижен расход стали на 31 тонну [3].

Таблица 1 – Техничко-экономические показатели экспериментального пятиэтажного крупнопанельного дома с сейсмоизолирующим скользящим поясом

Строительные материалы	Типовой дом		Дом со скользящим поясом	
	Расчетная сейсмичность		Сейсмичность площадки	
	8 баллов	9 баллов	8 баллов	9 баллов
Сталь, т	42,5	51,5	48,5	56,3
Бетон, м <sup>3</sup>	180	187,1	127,3	140,3
Железобетон, м <sup>3</sup>	865	890	923,6	959,3

Анализируя специальные методы сейсмозащиты зданий и сооружений, выделим основные преимущества использования метода системы сейсмозащиты со скользящим поясом в сравнении с аналогами:

1. Не нуждаются в создании дополнительных сложных устройств.
2. Скользящий пояс может быть выполнен непосредственно в условиях строительного объекта.
3. Здания работают как обычные, при ниже расчетных воздействиях.
4. При максимальных нагрузках, система сейсмозащиты обеспечивает снижение сейсмического воздействия.
5. Метод применим для технически сложных строений.
6. Уменьшение затрат на материалы.
7. Данный метод позволит строить здания и сооружения в районах с более высокой сейсмичностью, увеличивая этажность зданий.

Применение системы сейсмоизоляции обладает потребительскими свойствами необходимыми для социально-экономического роста на основе практической реализации инновационного проекта в условиях сейсмоопасных регионов и строительной отрасли.

Социальный эффект обусловлен следующими пунктами:

1. Обеспечение сейсмоопасных регионов надежным жильем.
2. Снижение количества жертв и человеческих травм при землетрясениях.
3. Снижение затрат на восстановление зданий и сооружений после стихийного бедствия.
4. Предотвращение последствий сейсмического воздействия: наводнения, пожары, оползни, экологические катастрофы.

Таким образом, актуальность проблемы обеспечения сейсмозащиты зданий и сооружений чрезвычайно важна. Применение метода сейсмоизоляции зданий со скользящими опорами позволит улучшить следующие характеристики:

- безопасность и надежность зданий;
- отсутствие восстановительных работ после землетрясений;
- снижение расходов материалов на возведение зданий и сооружений в сейсмически активных регионах.

Поддержка инновационного проекта предполагается на основе государственных программ с участием Министерства строительства РФ и фондов регионов, которые относятся к сейсмоопасным территориям.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Халелова А.К. Обеспечение сейсмостойкости зданий и сооружений / А.К. Халелова. - Текст: непосредственный // Молодой ученый. - 2020. - № 46 (336). - С. 40-44.- URL: <https://moluch.ru/archive/336/75185/> (дата обращения: 22.03.2022).
2. Лядский В.А. Сейсмоизоляция общественных зданий с элементами фторопласта в конструкции фундамента. Диис. маги. техники и технологии строительства. Спб, 2009.

3. Статья «Технико-экономические показатели зданий с разными системами сейсмозащиты» из категории «Здания»: URL: <http://www.arhplan.ru/buildings/seismic/techno-economic-performance-buildings-with-different-seismic>

## ПОДСЕКЦИИ «МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ МАТЕРИАЛОВ»

### СТРОЕНИЕ ПОЛИМЕРА - КЛЮЧ К СВОЙСТВАМ ПЛАСТМАСС

Веретенников Иван Алексеевич, бакалавр кафедры «ССМ», e-mail: veretennikov1002@mail.ru  
Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail: gea62@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В этой статье рассматриваются, что влияет на свойства пластмассы, ключевые параметры полимера, разница между кристаллической и аморфной структурой. Ключевым параметром полимера является его молекулярная масса. На вязкоупругость пластиковой детали влияют три основных фактора: температура, скорость деформации и время. Сшивание полимера изменяет химическую природу полимера, если используется химическое вещество.*

*Ключевые слова: Полимеризация, полимер, свойства пластмасс, молекулярная масса, тип реакций, строение, структура.*

Характерные свойства, проявляемые пластмассами, являются прямым результатом уникальной молекулярной структуры этих материалов. Пластмассы представляют собой полимеры с очень высокой молекулярной массой. Для улучшения их свойств они часто содержат добавки, такие как наполнители и армирующие вещества. Однако основные свойства пластикового материала определяются полимером.

Полимеризация. Полимеры являются неотъемлемой частью многих отраслей промышленности и используются в сочетании с другими материалами и компонентами для производства огромного количества товаров в мире. Существует также много различных типов полимеров, многие из которых могут проявлять различные свойства в зависимости от того, как они формируются, настраиваются и обрабатываются. Способность изменять и настраивать свойства различных полимеров позволила использовать их во многих областях, и именно эта способность позволила продуктам на основе полимеров получить широкое распространение на многих рынках [1].

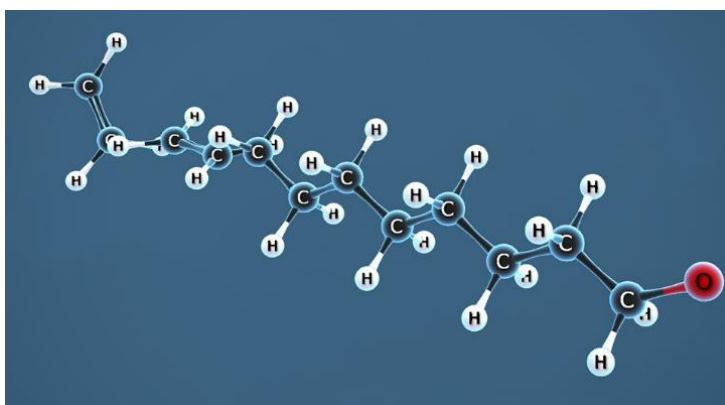


Рисунок 1 – Пример полимеризации (этилен) [2]

Большинство способов изменить структуру полимеров связаны с соединением цепей вместе, разветвлением полимерных цепей и увеличением молекулярной массы полимерных цепей. Хотя это простые структурные изменения, они могут быть ответственны за изменение теплопроводности, теплоемкости, кристалличности, теплового расширения, проницаемости, упругости, прочности на растяжение, показателя преломления, износостойкости и электро-



изоляционных свойств полимера. Дело в том, что простое изменение химического состава полимера может резко изменить его свойства.

Используя различные исходные материалы, а также процессы и методы полимеризации, можно получать полимеры с различной молекулярной структурой. Фундаментальные различия между свойствами этих типов полимеров объясняются различными функциональными группами в молекулярной структуре. Эти различия включают свойства механической, термической и химической стойкости. Таким образом, важно выбрать правильный тип пластика в зависимости от требований применения.

Ключевым параметром полимера является его молекулярная масса. Молекулярная масса представляет собой сумму атомных масс атомов, составляющих молекулу. Например, молекулярная масса полиэтилена рассчитывается путем умножения молекулярной массы повторяющейся функциональной группы этилена на количество звеньев, составляющих цепь.

Изменение, как длины полимера, так и степени разветвления может привести к изменению молекулярной массы полимера. Поскольку эти изменения зависят от условий обработки и исходных материалов, свойства можно легко контролировать и настраивать. Изменение длины полимера часто используется для изменения точки плавления полимера. Чем длиннее полимерные цепи, тем больше они запутываются, а значит, лучше слипаются. Так, становится труднее разорвать связи между цепями, что увеличивает температуру плавления. Обратный сценарий применим, когда требуются более низкие температуры плавления. Помимо изменения точки плавления, длину цепи также можно использовать для определения состояния вещества полимера при комнатной температуре. Примеры включают превращение полимера в вязкую жидкость, мягкое твердое вещество, эластичное/эластичное твердое тело и т. д. Более длинные цепи также могут увеличить плотность, потому что, когда они запутаны, может быть большее отношение массы к площади. Изменение степени разветвления можно использовать для изменения молекулярной массы, плотности и растяжимости/эластичности полимера. Пластмассы, которые являются линейными (неразветвленными), лучше складываются на молекулярном уровне, что увеличивает плотность полимера а также увеличивает прочность полимера на растяжение и являются более эластичными по своей природе, потому что молекулы полимера могут легче скользить друг по другу [3].

Сшивание полимера изменяет химическую природу полимера, если используется химическое вещество. Сшивание полимеров не только увеличивает прочность полимера на растяжение, но также изменяет эластичные свойства полимера. Степень эластичности сшитого полимера зависит от самого полимера и молекул сшивающего агента, но в целом сшитые полимеры возвращаются к своей первоначальной форме намного легче, чем несшитые полимеры после растяжения. С другой стороны, пластификаторы представляют собой добавки, которые часто используются в полимерах поливинилхлорида (ПВХ) и изменяют эластичные свойства полимера, действуя как молекулярная. Полимеры без пластификаторов намного тверже и жестче, тогда как полимеры с добавлением пластификаторов более эластичны, гибки и мягче. Добавление пластификаторов в полимер также увеличивает свободный объем полимера, в результате чего они имеют более низкие температуры стеклования [4]

Кристаллическая/аморфная структура. Другой фундаментальной характеристикой полимерных материалов является организация их молекулярной структуры. В широком смысле пластмассы можно разделить на полукристаллические и аморфные. Понимание значения структуры и, в частности, кристалличности, важно, так как это влияет на выбор материала, конструкцию детали, обработку и конечные ожидаемые эксплуатационные свойства.

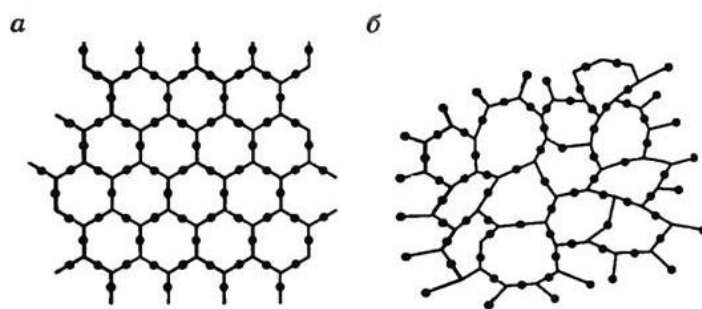


Рисунок 2 – а) Кристаллическая структура. б) Аморфная структура

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. CZL.ru [Электронный ресурс]: URL <https://www.czl.ru/applications/reactor-polymerization-overview/>
2. lkmprom.ru [Электронный ресурс]: URL <http://lkmprom.ru/clauses/entsiklopediya/polimerizatsiya-/>
3. artmalyar.ru [Электронный ресурс]: URL <https://artmalyar.ru/pokraska/okraska-plastika-first.html>
4. StudFiles.net [Электронный ресурс]: [официальный сайт] 2014-2022. URL <https://studfile.net/preview/2610394/page:8/>

### ВЛИЯНИЕ КОМПОНЕНТНЫХ СОСТАВОВ НА РЕАКЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Волченко Евгений Игоревич, магистрант кафедры «ССМ», e-mail: [spec15@mail.ru](mailto:spec15@mail.ru)  
 Научный руководитель – Иванов Сергей Геннадьевич, д.т.н., доцент, e-mail: [serg225582@mail.ru](mailto:serg225582@mail.ru)  
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Исследовано влияние компонентных составов на реакционную способность системы W/ПТФЭ/Al. Были проведены термодинамические расчеты систем W/ПТФЭ и W/ПТФЭ/Al в программном комплексе ИСМАН-THERMO. В системе W/ПТФЭ/Al состав с 72 масс. % W, 18 масс. % ПТФЭ и 10 масс. % Al является самым эффективным. Адиабатическая температура горения состава составила 3062 °С с 76 масс. % долей конденсированных продуктов.*

**Ключевые слова:** температура горения, термодинамический расчет, экзотермические порошковые материалы, компонентный состав.

Экзотермические порошковые материалы – это класс энергетических материалов, состоящий как из органических, так и неорганических соединений. Экзотермические порошковые материалы инертны при нормальных условиях. При сильном механическом или тепловом воздействии возникает интенсивная экзотермическая реакция с бурным выделением тепла и продуктов реакции [1]. Экзотермические порошковые материалы могут применяться в качестве поражающих элементов боеприпасов. В гражданской сфере при помощи таких материалов возможно производить резку и перфорацию различных.

К экзотермическим порошковым материалам относятся термиты, интерметаллидные и металлополимерные смеси. Самыми перспективными являются металлополимерные смеси, так как полимерные добавки, включенные в состав материала, повышают реакционную способность, а их исходные элементы (F, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub> и др.) служат в роли окислителей, что, в свою очередь, значительно повышает количество продуктов реакции.

Система Al/ПТФЭ (политетрафторэтилен) выделяется среди экзотермических порошковых материалов, так как теплота реакции в несколько раз больше, чем у тротила и составляет 8 МДж/кг против 4 МДж/кг. Адиабатическая температура горения системы Al/ПТФЭ

может достигать 4000 К [2]. Главным недостатком этой системы является малая прочность, поэтому, в данных системах применяют добавки в виде высокоплотных материалов (W, Ni и др.) [3].

Одним из вариантов улучшения прочностных характеристик экзотермических порошковых материалов является использование системы W/ПТФЭ с добавлением Al. Добавление вольфрама с одной стороны значительно повысит прочностные характеристики, а с другой понизит реакционную способность системы.

Основным из критериев получения экзотермического порошкового материала с хорошей реакционной способностью является правильный подбор массового состава исходных компонентов. Для исследования параметров горения смесей различных элементов и соединений было создано множество различных программных комплексов, одним из них является ИСМАН-THERMO [4]. Данный программный комплекс служит для термодинамических расчетов различных систем при постоянном давлении или объеме. Имея собственную базу данных термодинамической информации имеется возможность анализа адиабатической температуры горения и возможных продуктов реакции с их массовыми долями.

Расчет характеристик равновесия осуществляется на основе минимизации термодинамического потенциала системы, выражение для которого учитывает вклады термодинамических потенциалов всех соединений, содержащихся в системе, с учетом их концентраций. Алгоритм минимизации термодинамического потенциала основан на методе градиентного спуска [4].

Целью данной работы являлось исследование влияния компонентного состава на реакционную способность системы W/ПТФЭ/Al.

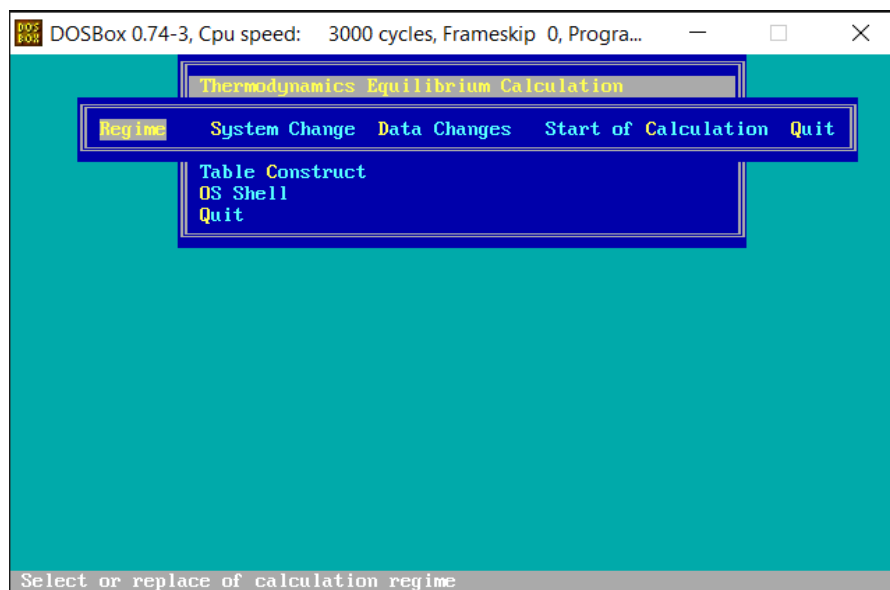


Рисунок 1 – Интерфейс программного комплекса ИСМАН-THERMO

Термодинамический расчет горения энергетических смесей проводился в два этапа. Первым этапом термодинамического расчета адиабатических температур горения и фазовых превращений являлся подбор системы W/ПТФЭ с наибольшей температурой горения, при этом обладающим оптимальным количеством конденсированных продуктов по окончании реакции. После подбора наиболее оптимального системы W/ПТФЭ производили термодинамический расчет адиабатических температур горения и фазовых превращений системы W/ПТФЭ с добавлением Al. При проведении серии расчетов доля вольфрама и алюминия увеличивалась на 5 масс. % для каждой модельной системы.

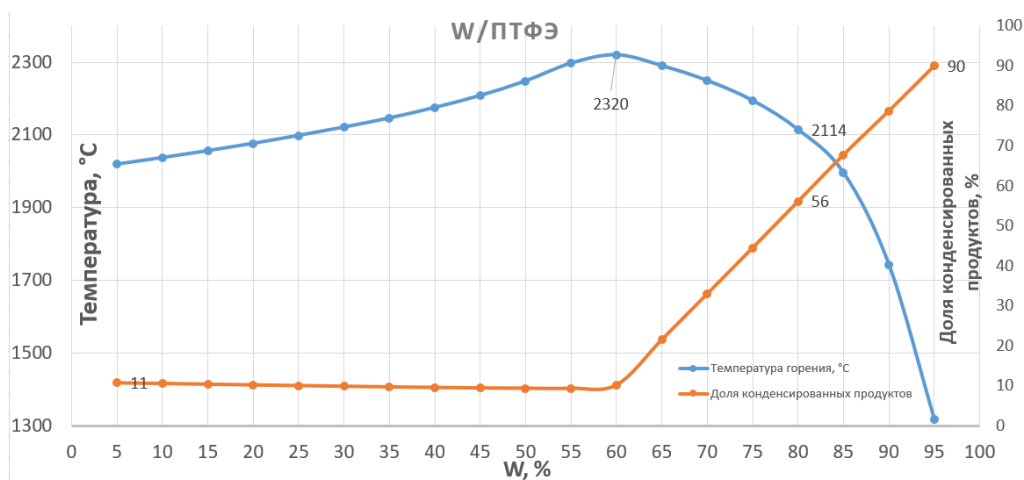


Рисунок 2 – Термограмма горения системы W/ПТФЭ

Проведя термодинамический расчет температур горения и доли конденсированных продуктов выбрали систему с соотношением 80 масс. % W и 20 масс. % ПТФЭ.

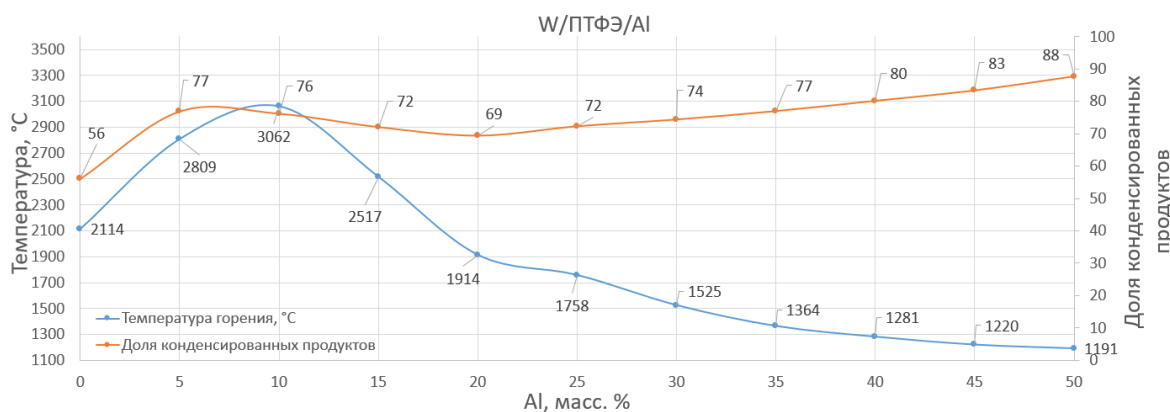


Рисунок 3 – Термограмма горения системы W/ПТФЭ/Al

Таблица 1 – Модельные системы W/ПТФЭ/Al

Состав системы, масс. %	Адиабатическая температура горения системы, °C	Доля конденсированных продуктов, %
W(80) + ПТФЭ(20) + Al(0)	2114	56
W(76) + ПТФЭ(19) + Al(5)	2809	77
W(72) + ПТФЭ(18) + Al(10)	3062	76
W(68) + ПТФЭ(17) + Al(15)	2517	72
W(64) + ПТФЭ(16) + Al(20)	1914	69
W(60) + ПТФЭ(15) + Al(25)	1758	72
W(56) + ПТФЭ(14) + Al(30)	1525	74
W(52) + ПТФЭ(13) + Al(35)	1364	77
W(48) + ПТФЭ(12) + Al(40)	1281	80
W(44) + ПТФЭ(11) + Al(45)	1220	83
W(40) + ПТФЭ(10) + Al(50)	1191	88

Исходя из расчетных адиабатических температур горения и доли конденсированных продуктов системы W/ПТФЭ сделали вывод, что система с 80 масс. % W и 20 масс. % ПТФЭ является наиболее оптимальной. Адиабатическая температура горения данной системы составила 2114 °C, а доля конденсированных продуктов составила 56 масс. %. Система с содержанием 75 масс. % W и 25 масс. % ПТФЭ не является такой эффективной, так как температура реакции составила 2194 °C, а доля конденсированных продуктов составила 44 % от

изначальной массы системы. При приросте температуры горения на 3,8 % доля конденсированных продуктов уменьшилась на 21,5 %, в связи с этим данная система является менее эффективной. Система с содержанием 85 масс. % W и 15 масс. % ПТФЭ будет обладать значительно меньшей температурой горения, что также является недопустимым показателем. При содержании вольфрама в системе свыше 85 масс. % происходит резкое падение адиабатической температуры горения, что характеризует отсутствие реакционной способности с малым содержанием ПТФЭ.

Исходя из расчетных адиабатических температур горения системы W/ПТФЭ/Al сделали вывод, что система с 72 масс. % W, 18 масс. %, ПТФЭ и 10 масс. % Al является наиболее эффективной. Адиабатическая температура горения составила 3062 °С, а доля конденсированных продуктов реакции составила 76 масс. %. В системе наблюдается понижение реакционной способности W/ПТФЭ/Al при повышении содержания алюминия свыше 10 масс. %. При повышении Al в системе свыше 20 масс. % реакционная способность уменьшается относительно системы W/ПТФЭ.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Zhang H.; Wang H.; Ge C. Characterization of the Dynamic Response and Constitutive Behavior of PTFE/Al/W Reactive Materials. Propellants Explos. Pyrotech. 2020, 45, 788–797. <https://doi.org/10.1002/prop.201900334>.

2. Yu Z.S.; Fang X.; Gao Z.R.; Wang H.X.; Huang J.Y.; Yao M.; Li Y.C. Mechanical and reaction properties of Al/TiH<sub>2</sub>/PTFE under quasi-static compression. J. Adv. Eng. Mater. 2018, 20, 1800019. <https://doi.org/10.1002/adem.201800019>.

3. Saikov I.V.; Seropyan S.A.; Malakhov A.Y.; Saikova G.R.; Denisov I.V.; Petrov E. Energetic materials based on W/PTFE/Al: thermal and shock- 2 wave initiation of exothermic reactions. Metals 2021, 11(9), 1355; <https://doi.org/10.3390/met11091355>.

4. Shiryaev A. A. Thermodynamic of SHS: modern approach //Int. J. SHS. – 1995. – Т. 4. – №. 4. – С. 351-362.

#### ПОЛЯРНЫЕ ТЕРМОПЛАСТЫ

Гринёв Алексей Александрович, студент кафедры ССМ, e-mail:Grinew.alex@gmail.com  
Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:geab2@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*На сегодняшний день разработано уже множество видов полимеров на основе которых были разработаны пластмассы. Пластмассы являются довольно универсальным материалом, но в то же время из-за своих недостатков они имеют ограничения на использования, в одном случае они могут быть токсичными и создавать опасность для организма человека, а в другом не могут использоваться из-за условий эксплуатации и быстрым старением под воздействием окружающей среды. Если в будущем удастся решить эти проблемы, то пластмассы станут ключевыми материалами.*

**Ключевые слова:** полярные термопласты, полимеры, синтез, асимметричная структура, пластмассы, полимеризация.

Термопласты нашли широкое применение в электротехнике, деталях бытовых приборов, посуде и т.д. Но их относительно малый диапазон рабочих температур ограничивает возможности их применения. Они имеют линейную структуру, что и позволяет им после плавления затвердевать при охлаждении (рисунок 1). К основным представителям термопластичных полимеров можно отнести:

- Полиэтилен.
- Поливинилхлорид.
- Полистирол.
- Полиметилметакрилат.
- Полиамиды.
- Полиуретаны.

- Фторопласт-3.
- Фторопласт-4.

Ниже в таблице 1 приведены некоторые примеры применения термопластов и их свойства. Можно заметить, что некоторые из термопластичных полимеров обладают схожими свойствами и местами их применения. Это обусловлено их химическим составом, способом получения, молекулярным строением и межмолекулярным взаимодействием.

Таблица 1 – Применение термопластов

Полимер	Состав, формула	Применение, свойства
Полиэтилен (ПЭ)	$(-\text{CH}_2\text{CH}_2-)_n$ Частично кристаллический	Трубы, пленка, упаковка, электроизоляция
Полипропилен (ПП)	$[-\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)-]_n$ Частично кристаллический	Схож с полиэтиленом, но превосходит его в теплостойкости
Политетрафторэтилен (ПТФЭ)	$(-\text{C}_2\text{F}_4-)_n$ Частично кристаллический	Термостойкий полимер, низкий коэффициент трения
Полистирол (ПС)	$[-\text{CH}_2-\text{C}(\text{C}_6\text{H}_5)\text{H}-]_n$ Аморфный	Лёгкая упаковка, посуда
Поливинилхлорид (ПВХ)	$[-\text{CH}_2\text{CHCl}-]_n$ Аморфный	Строительные изделия, шланги, заменитель кожи, линолеум
Полиметилметакрилат (ПММА)	$[-\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)(\text{COOH}_2)-]_n$ Аморфный	Прозрачные листы, иллюминаторы

По физическим свойствам термопластичные полимеры подразделяют на две подгруппы.

1. Термопласты с неполярными молекулами, обладающие малыми диэлектрическими потерями на высоких частотах (неполярные термопласты). Основные электрические характеристики неполярных термопластов:  $\text{tg}\delta \approx 3 \cdot 10^{-4}$ ,  $\epsilon = 2 \dots 3$ ,  $\rho = 10^{11} \dots 10^{14} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,  $E_{\text{пр}} = 40 \dots 250 \text{ МВ/м}$ .

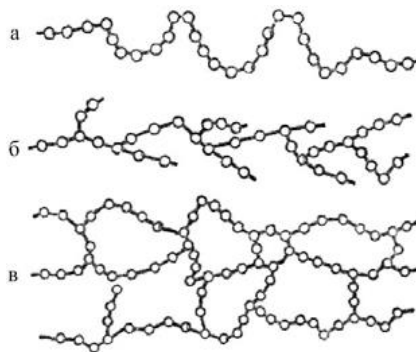


Рисунок 4 – Структура полимеров: а – линейная; б – разветвленная; в - сетчатая

Термопласты с полярными молекулами, для которых характерны повышенные диэлектрические потери на высоких частотах (полярные термопласты). Основные электрические характеристики полярных термопластов:  $\text{tg}\delta \approx 3 \cdot 10^{-2}$ ,  $\epsilon = 3 \dots 6$ ,  $\rho = 10^{11} \dots 10^{14} \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ,  $E_{\text{пр}} = 15 \dots 50 \text{ МВ/м}$ .

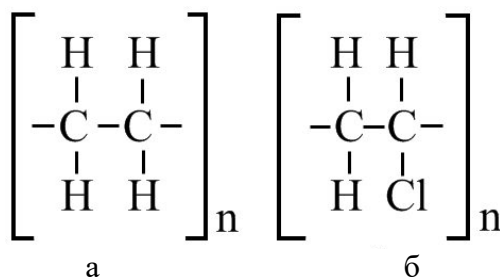


Рисунок 2 – Структура звеньев цепи неполярных (а) и полярных (б) полимеров

Полярные термопласты, вследствие асимметричной структуры звеньев в цепи, обладают значительно более высокими значениями диэлектрической проницаемости по сравнению с полярными термопластами. Из-за этого они могут использоваться в приборах, работающих при постоянном напряжении либо при работе с низкими частотами, так как при высоких частотах начнут происходить пробой и высокие диэлектрические потери.

Высокая полярность позволяет влаге легче проникать в термопластичный полимер, что позволяет легче смачиваться водой. Большинство полимеров имеют хорошую эластичность, химическую стойкость и способны противостоять разрушения под действием высоких нагрузок.

Полиметилметакрилат – один из самых распространённых термопластов, он обладает отличной светопропускаемостью, пластичностью и прочностью. Изначально появился как замена обычному силикатному стеклу, является более простым в формовании и обработке фрезерованием и лазерной резкой, а также можно шлифовать, полировать, обладает устойчивостью к ультрафиолетовому излучению, не желтеет и не разрушается в течение более чем 10 лет. Представляет собой полимер термопластичной смолы – метилакрилата. Легко воспламеняется, но при горении почти не выделяет опасных для человека веществ. При переработке органического стекла при температуре выше его температуры размягчения возможно выделение паров метилметакрилата. Метилметакрилат - наркотик, оказывает раздражающее действие на слизистые оболочки верхних дыхательных путей, глаз, обладает общетоксичным действием, поражает печень [2].

Полихлорвинил (поливинилхлорид, винипласт) изготавливается путем полимеризации хлористого винила. Является твердой и хрупкой смолой желтого цвета, обладающей сильной химической устойчивостью. ПВХ бывают нескольких видов: жесткий, вспененный и мягкий. Вспененный поливинилхлорид представляет собой белый упругий пластик, имеющий пористую структуру. Благодаря ячейкам с воздухом плотность вспененного ПВХ составляет 0,5–0,7 г/см<sup>3</sup>. Структура жесткого ПВХ – сплошная, ячеек с воздухом в ней нет, поэтому сам лист более плотный и тяжелый [1].

Полиэфирные смолы являются продуктами конденсации многоосновных кислот и спиртов после полимеризации. Такие смолы обладают низким уровнем теплопроводности из-за чего может применяться в теплоизоляционных материалах, также имеют длительный срок эксплуатации, обладают хорошей влагостойкостью и электроизоляционными свойствами. Большая часть отвержденных полиэфирных смол – горючие материалы, но их можно модифицировать фосфорсодержащими соединениями, чтобы понизить горючесть [3].

Таким образом, можно сделать вывод, что хоть полярные термопласты малопригодны для использования в качестве хороших диэлектриков, они могут применяться в электрооборудовании с низкочастотным током. А так как они, помимо диэлектрических свойств, обладают и другими физико-механическими свойствами, их спектр применения довольно большой. Полярные термопласты используются практически повсеместно: в рекламных баннерах, деталях машин, приборах, различных трубах, крыльях и фюзеляжа самолетов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Химический энциклопедический словарь. Гл. ред. И.Л. Кнунянц. - М.: Советская энциклопедия, 1983. - 792 с.
2. ГОСТ 10667-90 Стекло органическое листовое. Технические условия. Архивная копия от 10 декабря 2021 на Wayback Machine
3. Виноградова С.В., Васнев В.А. Поликонденсационные процессы и полимеры.- М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2000, 252 с.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА ОЧКОВЫХ ЛИНЗ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТОВ

Емельянова Анастасия Евгеньевна, бакалавр кафедры ССМ, e-mail:nastya-emel@bk.ru  
 Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru  
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Каждый человек хоть раз в жизни имел опыт носить очки, будь то оптические, солнцезащитные, или обычные для предания более стильного образа. Но не каждый человек знает из чего состоят и как делают очки, которые они носят. Ведь данный атрибут требует также своего компонентного состава для линз и своей разработки технологического процесса. Очки из термопластов также имеют свой алгоритм создания.*

**Ключевые слова:** линзы, технологический процесс, очки, термопласты.

Все начинается с того момента, когда клиент заходит в оптику и начинает делать заказ на очки. Уже на первом этапе начинают учитывать индивидуальные качества клиента. Это и можно понять очки вещь индивидуальная. Очки можно сравнить с пошивами костюма, не всем подходят стандартные, так же, как и линзы в очках. При изготовлении линз учитываются индивидуальные качества человека, его отклонение в зрении, астигматизм и другие особенности.

Основной этап технологического процесса – это выбор материала для будущего изделия. Линзы бывают двух видов минеральные и полимерные, состоят из композиционного материала. Минеральные линзы могут быть изготовлены из цветного и бесцветного неорганического стекла. Полимерные линзы обычно изготавливают из термопластов и реактопластов. Из жидкого мономера и инициатора методом полимеризации в формы получают линзы из реактопластов. Линзы из термопластов производят методом литья под давлением из гранул исходного полимера [3].

В данной работе рассматривается технологический процесс создания линз из термопластов. Для начала рассмотрим состав линз. В основе компонентов будет полимер ПММА МН. Полиметилметакрилат (ПММА) - продукт радикальной полимеризации метилметакрилат (ММА) - аморфный полимер линейной структуры, относящийся к термопластам [5]. Ниже будет приведена таблица с характеристиками данного материала.

Таблица 1 – Технические характеристики ПММА МН [1]

Свойства	Метод тестирования	Единицы измерения	Показатели
<b>Оптические</b>			
Рефракционный индекс	ISO 489	-	1,49
Светопропускание	ISO 13468-1	%	92
Мутность	ISO 14782	%	< 0,5
<b>Тепловые</b>			
Коэффициент линейного теплового расширения	ISO 11359-2	1/ °С	$7 \cdot 10^{-5}$
Температура размягчения по Вика	ISO 306	°С	109
Температура тепловой деформации при нагрузке 1,82 МПа (с термоотпуском)	ISO 75-2	°С	101
Показатель текучести расплава, при 230°С	ISO 1133	г/10 мин	2
<b>Механические</b>			
Предел прочности при разрыве	ISO 572-2	МПа	76
Относительное удлинение при разрыве	ISO 572-2	%	4
Предел прочности при изгибе	ISO 178	МПа	120
Модуль упругости при изгибе	ISO 178	МПа	3100
Ударная вязкость по Шарпи (с надрезом)	ISO 179-1	кДж/м <sup>2</sup>	1,4
Твердость по Роквеллу, Шкала М	ISO 2039-2	-	95
<b>Другие</b>			
Удельный вес	ISO 1183	-	1,19
Усадка при литье под давлением	ISO 294-4	%	0,2 – 0,6



Свойства	Метод тестирования	Единицы измерения	Показатели
Влагопоглощение	ISO 62	%	0,3
Воспламеняемость	UL94	-	НВ

Данный материал был выбран из-за положительных качеств, которые будут идеально подходить для создания линз. Далее после выбранного компонента будет следовать разработка технологического процесса.

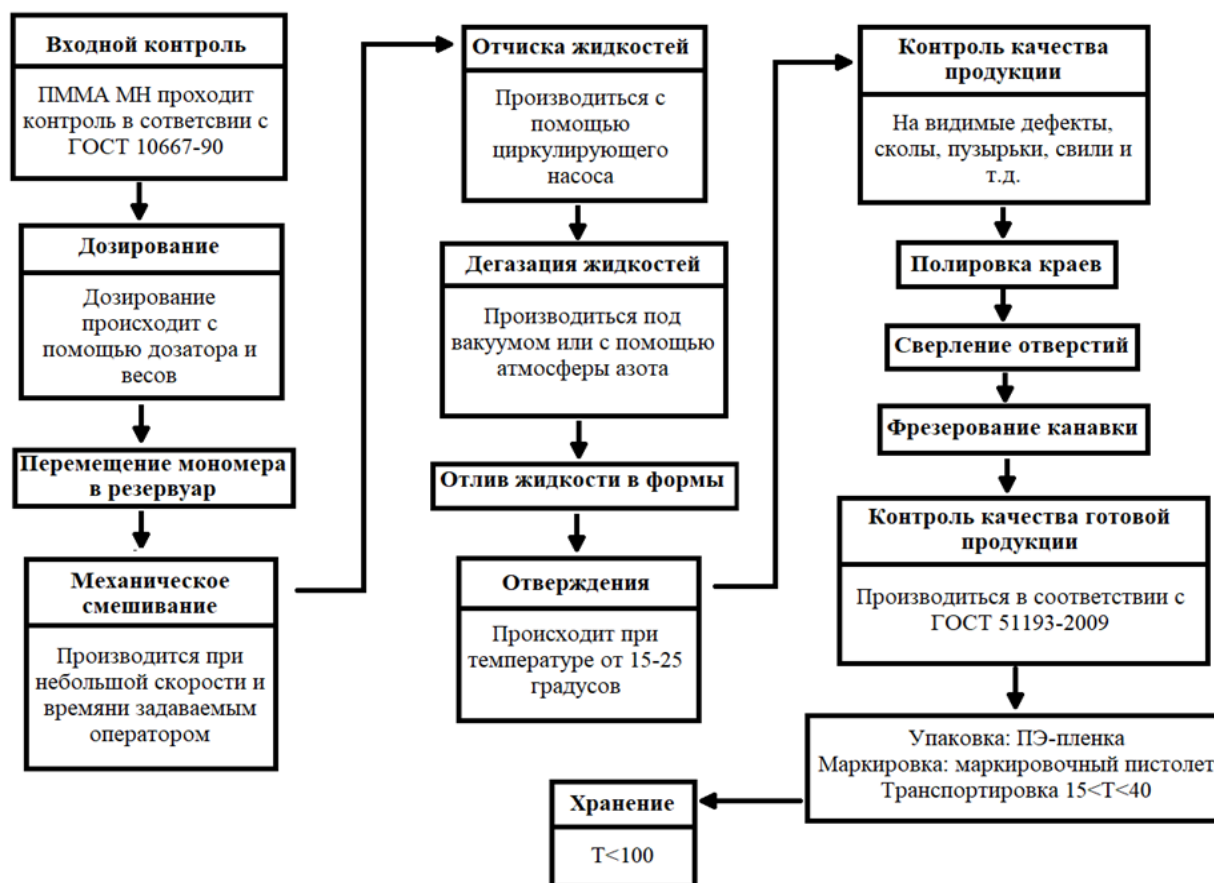


Рисунок 1 – Технологическая схема получения изделия

Технологический процесс начинается с входного контроля. ПММА МН проходит входной контроль в соответствии с ГОСТ 10667-90 «Стекло органическое листовое. Технические условия». ПММА МН поступает в виде прозрачных гранул.

Дозирование. взвешиваются компоненты с требуемой массовой долей.

Смешение компонентов производится при небольшой скорости, время задается оператором.

Очистка жидкостей. Она производится с помощью циркулирующего насоса, под давлением. Длиться в течение 20 минут.

Дегазация жидкости занимает небольшой промежуток времени, проводится в атмосфере азота.

После получения готовой массы приступаем к заливке в форму. Заполнение форм идет посредством литья. С помощью полой иглы предварительно завешанную жидкость переливают в формы, форма ограничена двумя полуформами и элементом уплотнения. Во время подачи смеси в полую иглу работает клапан, который открывается и закрывается после наполнения формы [4].

Далее после заливки в форму следует отверждение и далее контроль качества готовой продукции. Готовым формам дают время на отверждение.

Отверждение проводится при температуре 15–20 °С, а далее после охлаждения изделия и извлечения его из формы, оно должно пройти визуальный контроль: на видимые дефекты, свиты, сколы пузырьки. В завершении всего процесса следует механическая обработка готового изделия до нужного размера и формы линз [4].

Полировка линзы производится с помощью полировочного круга и специальной пасты для полирования, после чего осуществляется ручная полировка мастером. Для образования facets необходимо время обработки от 1 до 1,5 минут, но некоторые особые линзы, с менее гладкой поверхностью, могут полироваться и до 5 минут [2].

Сверление осуществляется с помощью станка LassStess.

Фрезерование осуществляется в два этапа, сначала с меньшей глубиной паза, например, 0,3 мм, затем с большей до 0,6 мм.

Финальной стадией является контроль полностью готового изделия, после обработки, далее его упаковывают, учитывая условия хранения и отправляют на продажу, также учитывая условия транспортировки.

Контроль качества готовой продукции производится по ГОСТ 51193-2009 «Оптика офтальмологическая. Очки корректирующие. Общие технические условия».

Готовое изделие упаковывается в полиэтиленовую пленку с повышенной долговечностью.

Маркировка изделия производится с помощью маркировочного пистолета.

Транспортировка осуществляется в прочной полиэтиленовой пленке при температурном диапазоне от 15 до 40 °С.

Хранение осуществляется при диапазоне температур от 15 до 40 °С, при относительной влажности 80%.

Вывод. Разработан технологический процесс изготовления полимерных линз на основе термопластов, состоящий из следующих этапов:

- выбор первичного сырья и входной контроль компонентов (определение типа полимеров и их совместимость друг с другом);
- литье под давлением (параметры и оснастка);
- механическая обработка заготовок;
- сборка очков;
- проверка качества изделия.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. РММА(ПММА) МН. – Режим доступа <https://rusplast.com/catalog/pmma/18262/> (Дата обращения 09.04.2022)
2. Справочник медицинского оптика. Часть вторая. Оправы технология изготовления очков – настольное пособие /Под редакцией Вадима Бахтина, 2018–136 с.
3. Способ изготовления линз посредством литья. – Режим доступа <https://findpatent.ru/patent/245/2457022.html> (Дата обращения 09.04.2022)
4. Литье под давлением. – Режим доступа <https://docs.yandex.ru/docs/view> (Дата обращения 09.04.2022)
5. Основные оптические полимеры: (со)полимеры (мет)акрилатов. – Режим доступа <https://plastinfo.ru/information/articles/357/> (Дата обращения 09.04.2022)

## ВЛИЯНИЕ МОДИФИКАЦИИ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ ЭПОКСИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО НА ВЯЗКОУПРУГИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВ

Катайцева Дарья Григорьевна, магистрант кафедры «Современных специальных материалов», e-mail: daryakataytseva@yandex.ru

Научный руководитель - Маркин Виктор Борисович, д.т.н., профессор, e-mail: mvb1942@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В настоящее время широкое распространение получили волокнистые полимерные композиционные материалы, механические свойства которых, в основном, определяет армирующее волокно. Однако, несмотря на отличные свойства волокон в трансверсальном направлении, ПКМ на их основе имеют низкие показатели механических характеристик. Для разработки нового связующего необходимо большое количество средств и времени, поэтому более рационально модифицировать уже существующее связующее. В данной работе был проведён подбор концентрации модификатора эпоксидного связующего для изготовления базальтопластиков.*

**Ключевые слова:** полимерные композиционные материалы, базальтопластик, углеродные нанотрубки, температура стеклования, полимерное связующее.

На сегодняшний день полимерные композиционные материалы представляют особый интерес для мирового сообщества, так как прослеживается тенденция применения композиционных материалов во многих отраслях промышленности вместо традиционных материалов. Наибольшее внимание уделяется волокнистым композиционным материалам с полимерной матрицей. Для изготовления базальтопластиков преимущественно используются эпоксидные связующие, у которых имеется ряд некоторых проблем, таких как недостаточная вязкость разрушения, теплостойкость и трещиностойкость, которые лимитируют срок эксплуатации. Оптимальным решением данных проблем является модификация уже существующих полимерных связующих.

Одним из наиболее перспективных способов модификации связующего является внедрение в него ультрадисперсных частиц, например, углеродных нанотрубок и наноалмазов.

Был проведен литературный обзор среди ранее опубликованных научных работ в данном направлении. Исходя из работ [1–3] выявлено, что модификация связующего углеродными нанотрубками оказывает влияние на трещиностойкость, теплостойкость, предел прочности при изгибе, модуль упругости и ударную вязкость. Было отмечено возрастание прочностных характеристик до 15%, а ударной вязкости – до 25%.

Для изучения механических и вязкоупругих свойств применяли динамический механический анализ, как наиболее информативный метод (является неразрушающим и характеризуется высокой разрешающей способностью). Позволяет получить сведения о поведении полимера в стеклообразном и высокоэластическом состоянии под действием синусоидально изменяющейся нагрузки и температуры [4]. Получаемые графические зависимости позволяют определить температуры различных фазовых переходов. Применяя данный метод исследования, можно решить широкий спектр задач, например, идентифицировать материал по температурам фазовых переходов, определить интервалы фазовых переходов, оценить влияние модификаторов и многие другие.

Объекты исследования – образцы из однонаправленного базальтопластика, для изготовления которых применяли базальтовый ровинг BCF 17-2520-KV13 и эпоксиангидридное связующее горячего отверждения, состоящее из следующих компонентов: основа – эпокси-диановая смола ЭД-22, отвердитель – изо-МТГФА, ускоритель – УП-606/2. Для модификации эпоксидного связующего использовали углеродный ультрадисперсный наполнитель «TUBALL™» («OCSiAl», г. Новосибирск). Испытанию были подвергнуты пять серий образцов с различным соотношением ультрадисперсного наполнителя – от 0,00 до 0,30%. Образцы имели форму прямоугольных пластинок размерами 120×10×2 мм.

Полученные результаты представлены на рисунках 1–2.

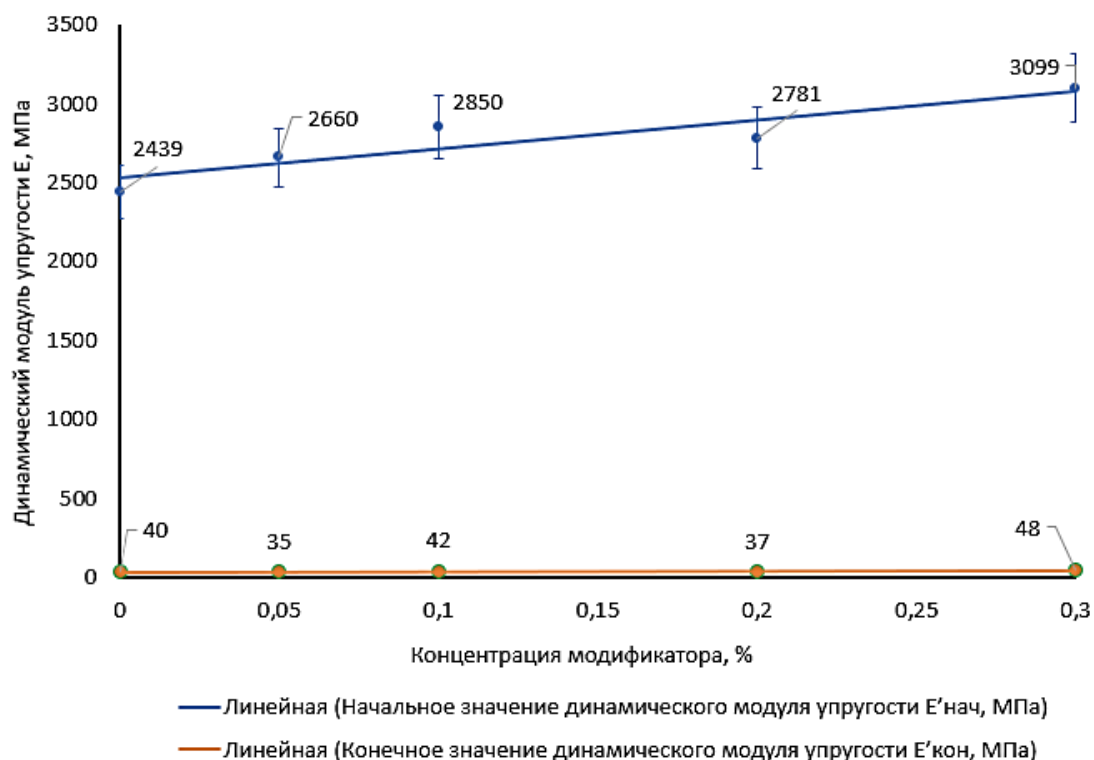


Рисунок 1 – Влияние концентрации модификатора на изменение динамического модуля упругости  $E$  эпоксидного связующего

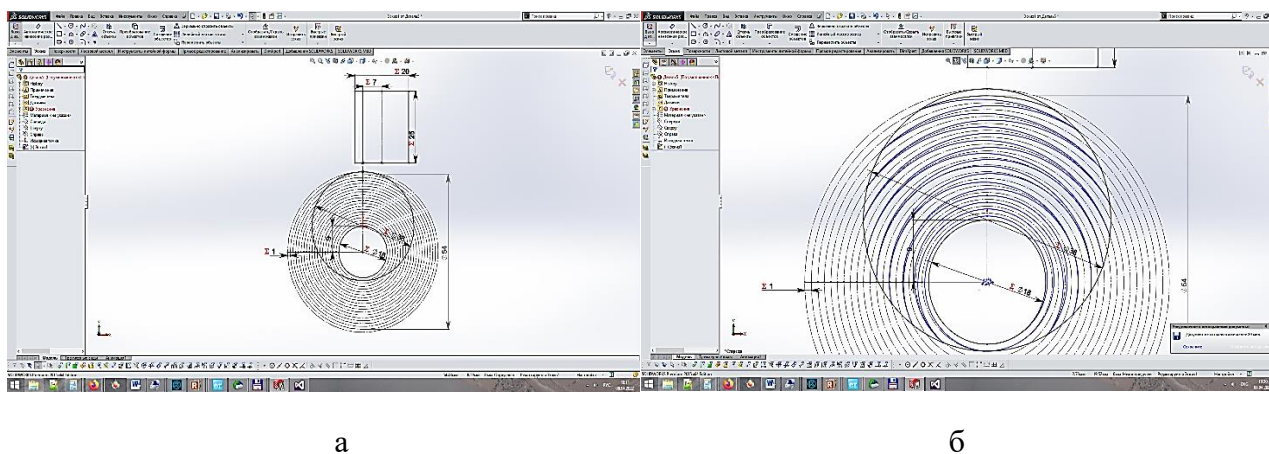


Рисунок 2 – Влияние концентрации модификатора на изменение вязкоупругих характеристик эпоксидного связующего: а – на тангенс угла механических потерь  $tg\delta$ ; б – на температуру стеклования  $T_{ст}$ , °C

Максимальный эффект от модификации достигается при введении 0,10 % УНТ «TUBALL™» (при данном содержании температура стеклования  $T_{ст}$  – 128,30 °C; динамический модуль упругости  $E'$  – 2660 МПа). При дальнейшем увеличении степени наполнения происходит увеличение динамического модуля упругости (3099 МПа), но при этом температура стеклования уменьшается (123,32 °C), и, как следствие, уменьшается теплостойкость полученной композиции.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акатенков Р.В., Алексахин В.Н., Аношкин И.В., Бабин А.Н., Богатов В.А., Грачев

В.П., Кондрашов С.В., Минаков В.Т., Раков Э.Г. Влияние малых количеств функционализированных нанотрубок на физико-механические свойства и структуру эпоксидных композиций // Деформация и разрушение материалов. 2011. №11. С. 35–40

2. Inam F., Wong D.W.Y., Kuwata M., Peijs T. Multiscale Hybrid Micro-Nanocomposites Based on Carbon Nanotubes and Carbon Fibers // Journal of nanomaterials 2010. P. 453420–453431.

3. Garcia J., Wardle B., Hart A. Joining prepreg composite interfaces with aligned carbon nanotubes // Composites Part A. 2008 V. 39. P. 1065–1070.

4. Насонов А.Д. Исследование вязкоупругих свойств стеклообразных полимеров на основе малеинимидного связующего / Вестник Бурятского государственного университета. 2011. №3. С. 247-250

## КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, АРМИРОВАННЫЕ ВОЛОКНАМИ

Квачиненко Дарья Алексеевна, студент кафедры ССМ, e-mail:kvachinenkodaria@mail.ru  
Научный руководитель – Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Составлена сравнительная характеристика композиционных материалов, армированных волокнами, а именно на основе органопластика, углепластика и стеклопластика. Получены выводы об эффективности добавления высокопрочных волокон в композиционные материалы, с целью обеспечения жесткости и прочности композита в направлении ориентации волокна.*

**Ключевые слова:** композиционные материалы, композиты, наполнитель, матрица, армирующие элементы, упрочнитель, высокопрочные арамидные волокна, органопластик, высокопрочные углеродные волокна, углепластик, стеклопластик.

Композиционные материалы, представляют собой многофазные гетерогенные системы с заданным комплексом физико-химических свойств. Для создания изделий конструкционного назначения в матрицу (расплав полимера или связующее) выводят армирующую фазу (искусственные волокна, ткани на их основе, либо дисперсные частицы).

Функция матрицы в композиционном материале - связывать наполнитель в монолитную структуру и защищать его от воздействия внешней среды. Роль наполнителя в материале – определять конечные свойства будущего изделия.

Классифицировать материал можно по типу наполнителя или по типу матрицы, по виду армирования или по назначению изделия.

Конечные характеристики композитов и изделий на их основе зависят от свойств компонентов, объемной или массовой доли наполнителя и матрицы, адгезионной прочности на границе раздела фаз, в зависимости от назначения создаются материалы с требуемыми значениями прочности, модуля упругости, жаропрочности и др.

Различают композиты с металлической матрицей, керамической и полимерной матрицей. Композиты по типу армирования подразделяют на слоистые, волокнистые и дисперсно-упрочненные [3].

Композиты на базе прочных арамидных волокон – органопластики. Они обладают высокими упруго-прочностными свойствами, химической стойкостью, ударопрочностью, теплоизоляционными и диэлектрическими свойствами, низким классом горючести и дымовыделением, долговечностью. Это особенно важно при использовании этих материалов в вертолестроении. К примеру, органопластики применяются для изготовления конструкции лопасти несущего винта вертолета.

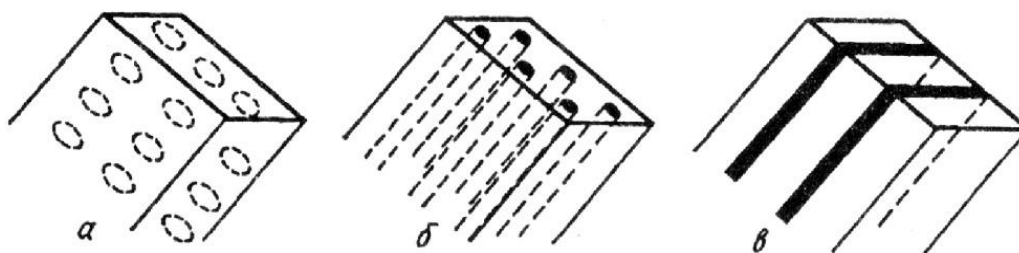


Рисунок 1 – Схемы армирования композиционных материалов: а) дисперсно-упрочненные; б) волокнистые; в) слоистые

Стеклопластик - композиционный материал универсального применения. Наполнителем для композита служат стеклянные нити, жгуты, ткани, стекломаты, войлоки. Для создания монолитной структуры композита используются связующие составы на основе синтетических веществ. То есть стеклопластик представляет собой армированную и полимеризованную смолу. Выгодно отличается от других композиционных материалов тем, что сочетает в себе высокие прочностные показатели с малым удельным весом. Также обладает достаточно стабильными механическими, теплофизическими и электрическими характеристиками. Это позволило применять стеклопластик для изделий военной тематики, в химической промышленности, автомобиле- и судостроении.

Высокопрочное углеродное волокно – это основа углепластиков, являющихся перспективными композитами, так как обладают высокой прочностью, жесткостью, термостойкостью до 300°С, низким температурным коэффициентом линейного расширения и стойкостью к агрессивным средам. В него входят непрерывные волокна в виде нитей и жгутов, тканей или же нетканых полотен. Матрицы изготавливаются из эпоксидных, полиамидных, полиэфирных смол. Благодаря своим высоким эксплуатационным характеристикам получил широкое применение в ракетостроении, в автомобильной промышленности, самолетостроении [4].

Таблица 1 – Основные физико-механические свойства однонаправленных ПКМ на эпоксидном связующем (70%-наполнителя + 30%-связующего)

Свойства	Стеклопластик	Органопластик	Углепластик
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2130	1340	1400
Модуль упругости, ГПа	60	82	120
Удельный модуль упругости, км	2817	6119	8571
Прочность при растяжении, МПа	1310	1850	650
Удельная прочность при растяжении, км	61,5	138	46,4
Прочность при сжатии, МПа	1190	235	400
Удельная прочность при сжатии, км	56	17,5	28,6
Предельная деформация при растяжении	0,024	0,022	0,0054
Предельная деформация при сжатии	0,020	0,005	0,033

Таким образом, введение волокнистого наполнителя в матрицу способствуют повышению прочности материала в 2–10 и более раз по сравнению с прочностью ненаполненной матрицы. Из этого следует, что с целью изменения свойств композиционных материалов (увеличение жесткости, прочности, изменения плотности, увеличения пластичности, а также теплофизических и электрических свойств и других характеристик) необходимо вводить армирующие элементы. Это позволяет создать материалы с заранее заданным комплексом свойств, тем самым модернизировать такие области как самолетостроение, судостроение, автомобилестроение и многое другое.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений. Б.Н. Арзамасов, И.И. Сидорин, Г.Ф. Косолапов и др.; Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова.- 2-е изд., испр. и доп.- М.: Машиностроение, 1986. - 384 с.
2. Бондалетова Л.И. Б811 Полимерные композиционные материалы (часть 1): учебное пособие / Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 118 с.
3. [Электронный ресурс]: URL: <https://plastinfo.ru/information/articles/341/> (дата обращения 29.03.2022)
4. [Электронный ресурс]: URL: [https://moodle.kstu.ru/pluginfile.php/339288/mod\\_resource/content/1/1.pdf](https://moodle.kstu.ru/pluginfile.php/339288/mod_resource/content/1/1.pdf) (дата обращения 29.03.2022)

## ПЛАСТМАССЫ С ПОРОШКОВЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

Коптелов Глеб Сергеевич, бакалавр кафедры ССМ, e-mail: [gleb.koptelov.99271@mail.ru](mailto:gleb.koptelov.99271@mail.ru)  
Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н. доцент, e-mail: [geab2@yandex.ru](mailto:geab2@yandex.ru)  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье представлен обзор областей применения самых популярных наполнителей пластмасс и характеристика получаемых свойств. Современному производству, для поддержания конкурентоспособности, необходимы меры снижения производственных издержек, повышения качества продукции или способы приобретения новых свойств, производимыми изделиями. Решить эту проблему, призваны дисперсные наполнители, они дешевы, просты в применении и легкодоступны.*

**Ключевые слова:** полимеры, дисперсные наполнители, модификация полимеров, пластмассы, функциональные наполнители

Современная промышленность уже не может быть в полной мере удовлетворена свойствами классических пластмасс, они не обладают всем набором свойств необходимым потребителю. Для доведения полимера до состояния пригодного к использованию, в заданных условиях, почти всегда необходимо корректировать имеющиеся параметры пластмасс или придавать новые. Наполнители призваны решить эту проблему повышения характеристик пластмасс.

Наполнители - это твердые вещества вводимые в полимер в высоких концентрациях с целью скорректировать объем, массу, затраты на производство или функциональные характеристики.

Основное применение наполнителей связано со снижением стоимости производства, за счет ввода более дешевого, в пересчете на объем, наполнителя, который не ухудшает или незначительно ухудшает свойства изначального полимера. Этот класс наполнителей называется инертным.

Кроме инертных наполнителей существуют функциональные наполнители, следствием введения которых является удорожание, и все же они применяются для изменения свойств, пластмасс или приобретения ими новых свойств.

Порошкообразные или дисперсные наполнители - это вещества с размером частиц от 1 до 300 мкм. Типичные порошковые наполнители:

- Сажа (углерод).
- Мел.
- Тальк.
- Каолин (белая глина).
- Кварцевая мука.
- Диоксид кремния.
- Микрокристаллический кварц.

- Древесная мука.
- Металлические порошки.
- Крахмал.

Сажу чаще всего применяют в качестве окрашивающего агента, интенсивность окрашивания обратно пропорциональна размеру частиц. Важным свойством сажи является возможность образовывать цепочечные структуры, что позволяет применять ее для придания пластмассам электропроводности. За счет способности сажи к поглощению света. В том числе в ультрафиолетовом диапазоне, ее используют в качестве УФ-стабилизатора. Кроме сажи применяются коксовая и антрацитовая пыль, а также коллоидный графит. Коллоидный обладает еще одним уникальным свойством, за счет слоистой структуры он значительно снижает коэффициент трения [1].

Кроме функциональных свойств, придаваемых пластмассе добавлением сажи, следует учитывать ее влияние на реологические свойства, которые так же обратно пропорциональны удельной поверхности адсорбции, чем она выше, тем ниже текучесть расплава и тем сложнее он поддается переработке. Поэтому при использовании сажи в качестве наполнителя необходимо подобрать ее оптимальную концентрацию.

Таблица 1 – характеристики разных видов сажи

Показатель	Печная	Канальная	Термическая	Ацетиленовая	Ламповая
Средний размер частиц, нм	13-70	10-30	150-500	350-560	50-100
Удельная поверхность адсорбции, м <sup>2</sup> /г	20-950	100-1125	6-15	60-70	20-100
Особые свойства	Обладает оптимальными свойствами	Имеет пищевой допуск			

Мел в качестве наполнителя пластмасс используется как в целях придания функциональных свойств, так и в целях снижения затрат на производство. Мел имеет несколько модификаций, которые отличаются по влиянию на свойства конечного продукта, это: ромбоэдрический кальцит, скаленоэдрический кальцит, орторомбический карбонат. Влияние на некоторые характеристики наполненных пластмасс приведены на рисунке 1 [2].

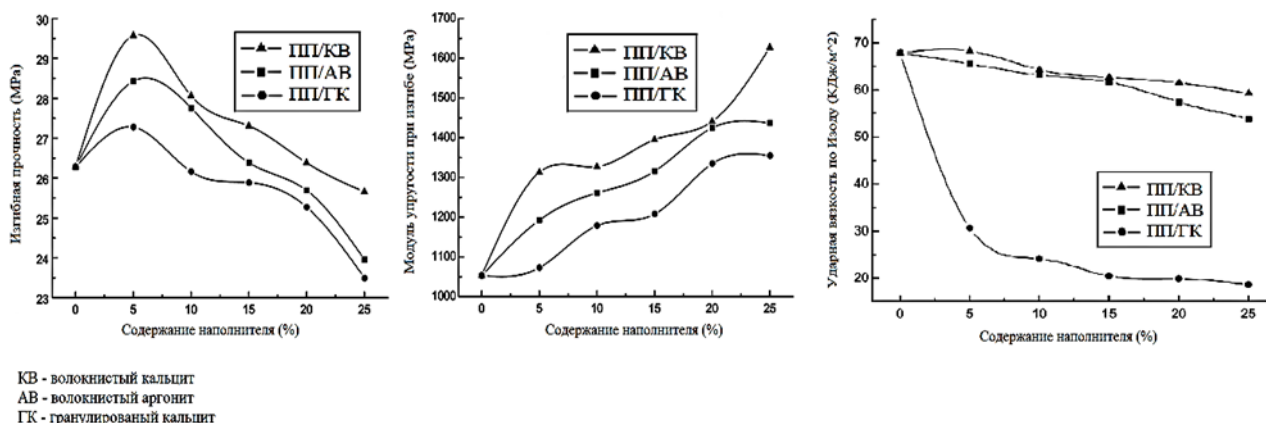


Рисунок 1 – Влияние типа мела на свойства готовой композиции

Свойства пластмасс, наполненных мелом так же, как и сажой, зависят от размера частиц наполнителя, чем крупнее частицы, тем сильнее они снижают ударную вязкость композиции, чем мельче частицы, тем более они склонны к появлению агломератов частиц и повышению вязкости расплава. На свойства пластмасс влияют даже небольшое процентное со-



держание в основной массе наполнителя частиц с отличными размерами, поэтому довольно значимой проблемой в применении мела как наполнителя, играет монодисперсность порошка.

Белую глину или каолин применяют в качестве более дешевого заменителя пигмента, диоксида титана, регулятора блеска. За счет снижения коэффициента трения каолин повышает стойкость к абразивному износу. В композиции с поливинилхлоридом каолин повышает удельное сопротивление изоляторов. Для повышения реакционной способности каолина и повышения белизны и блеска, его прокаливают для освобождения от связанной воды в частицах каолина. Еще один вид обработки глины – это обработка силанами, этот вид обработки повышает ударную вязкость наполненных композиций и их предельное удлинение.

Тальк похож по спектру характеристик на мел, который к тому же может быть использован как нуклеатор. Тальк – это дешевый наполнитель, который используется в основном вместе с полипропиленом далее приведен рисунок 2 отражающий зависимость свойств композиции полипропилен – тальк от содержания талька [1]

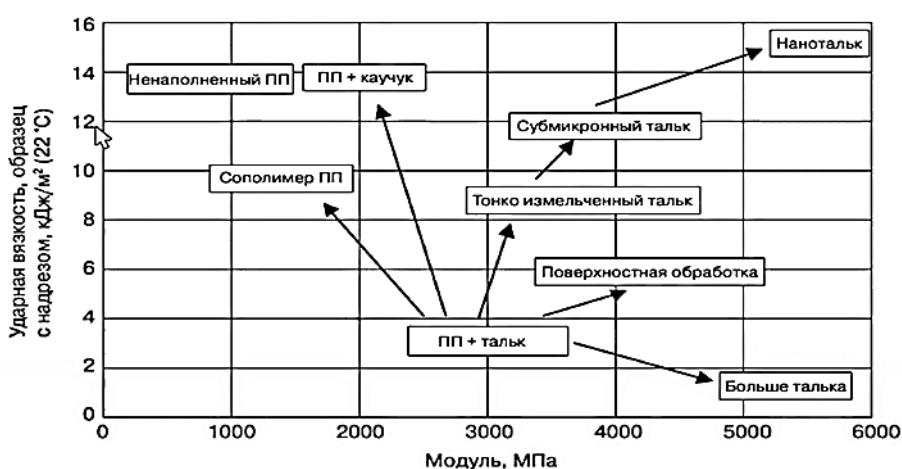


Рисунок 2 – Зависимость свойств готовой композиции от содержания талька и методов его обработки

Рассмотренные наполнители наиболее часто применяются в реальном производстве, основной задачей этих наполнителей является удешевление производства, а наиболее важной характеристикой наполнителя, после стоимости, в снижении затрат на производство, является показатель текучести расплава (ПТР). Чем меньше влияние наполнителя на ПТР, тем более он предпочтителен для использования. Самое незначительное влияние на ПТР оказывает необработанный мел, это связано с удельной поверхностью наполнителя, у мела она самая низкая.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. MarinoXanthos. Функциональные наполнители для пластмасс. / Под ред. М Ксантоса. Пер с англ. под ред. Кулезнева В.Н. – СПб.: Научные основы и технологии, 2010, – 462 с. – ISBN 978-5-91703-016-6
2. Yanwei Jing. Reinforcing polypropylene with calcium carbonate of different morphologies and polymorphs // Published by De Gruyter April 19, 2017. [Электронный ресурс]: <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/secm-2015-0307/html> (дата обращения 10.04.2022).

## ПОЛИМЕРНЫЕ ПОКРЫТИЯ УСТОЙЧИВЫХ КОМПОЗИТОВ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ

Купреев Данила Алексеевич, бакалавр кафедры ССМ, e-mail:l.trollb0230@mail.ru  
Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В этой статье рассматриваются различные передовые полимерные покрытия и их применение. Полимерные покрытия обладают широкими свойствами и функциями; Усовершенствованные трибологические полимерные покрытия показали превосходную износостойкость и низкий коэффициент трения при скольжении по различным поверхностям. Гидрофобные покрытия предотвращают смачивание покрытий водой благодаря своей структуре поверхности и низкой поверхностной энергии, а самовосстанавливающиеся покрытия могут восстанавливать или сохранять свою функциональность после повреждения*

**Ключевые слова:** полимерные покрытия, гидрофобные покрытия, устойчивые материалы, проблем трения, экологически безопасные.

Последние достижения в разработке полимеров, такие как новые аварийные материалы и новые технологии покрытий, позволяют более широко применять полимерные покрытия. Три типа функциональных покрытий, а именно трибологические покрытия, гидрофобные покрытия и самовосстанавливающиеся покрытия, были широко исследованы.

Трибология возникла как область, которая способствует разработке и внедрению материалов, устойчивых с энергетической и экологической точек зрения. Усовершенствованные трибологические полимерные покрытия, такие как полиэфиркетон (ПЕЕК), политетрафторэтилен (PTFE) и ароматический терморезистивный сополиэфир (ATSP), показали превосходную износостойкость и низкий коэффициент трения при скольжении по различным поверхностям.

Гидрофобные покрытия предотвращают смачивание покрытий водой благодаря своей структуре поверхности и низкой поверхностной энергии (рисунок 1).

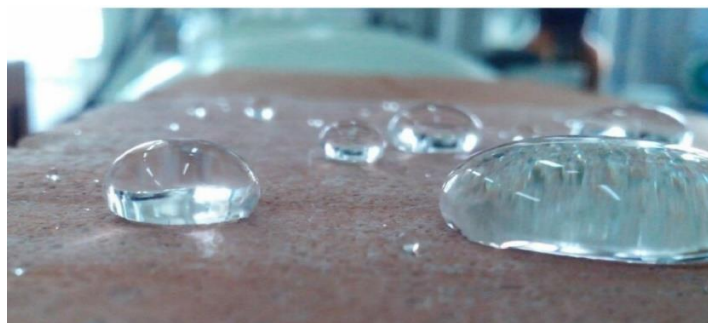


Рисунок 1 – Гидрофобное покрытие

Самовосстанавливающиеся покрытия могут восстанавливать или сохранять свою функциональность после повреждения.

Устойчивые материалы с точки зрения зеленой трибологии – это те материалы, которые могут уменьшить трение и износ взаимодействующих поверхностей, свести к минимуму рассеивание тепла и, таким образом, снизить загрязнение окружающей среды.

Благодаря разработке самосмазывающихся материалов можно свести к минимуму износ и внести вклад в более экологичную окружающую среду за счет увеличения жизненного цикла скользящих материалов (трибопар), оказывая положительное влияние на ухудшение состояния окружающей среды за счет сокращения отходов и циклов повторного использования. Экологически безопасные трибоматериалы в виде самосмазывающихся передовых полимерных покрытий вносят свой вклад в более экологичную окружающую среду за счет сокращения или полного исключения жидких смазочных материалов на поверхностях скольжения, тем самым сокращая выбросы и, в свою очередь, меньше загрязняя атмосферу.

Полимерные покрытия с высокой несущей способностью таких, как: Полиэфирэфиркетон, Политетрафторэтилен, и их смесей стали экономически эффективным решением про-

блем трения и износа поверхностей скольжения, которые должны работать без смазки. Шестерня сделанная с покрытием Полиэфирэфиркетона позволяет заменить металл и уменьшить расход смазывающих элементов (рисунок-2).



Рисунок 2 – Полиэфирэфиркетонавая шестерня [2]

Экспериментальные результаты показывают, что коэффициент трения (КТ) на границе раздела полимер/металл определяется твердой смазкой в виде третьих тел, даже при значениях ниже, чем на границе раздела металл/металл в режимах граничной и смешанной смазки, тем самым способствуя более экологичной окружающей среде (меньше энергопотребления). Кроме того, эти передовые полимерные покрытия применялись в агрессивных условиях, таких как криогенные условия, и в космических применениях, где материалы должны выдерживать скольжение в жестких условиях, что усложняет их конструкцию.

Супергидрофобные покрытия обладают низкой поверхностной энергией, и когда вода ложится или скользит по поверхности, она поглощает пыль и вместе соскальзывает с поверхности: это явление называется самоочищением (рисунок-3).

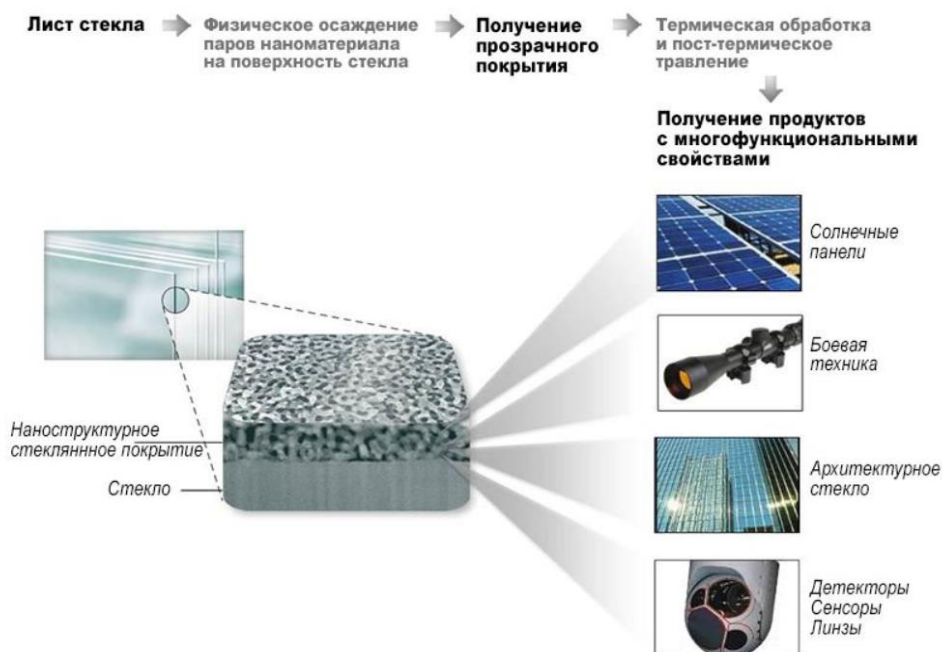


Рисунок 3 – Схема покрытия самовосстанавливающегося покрытия [3]

Свойство самоочищения может сэкономить затраты на очистку, когда супергидрофобные покрытия наносятся на такие поверхности, как солнечные панели и окна. Кроме того, супергидрофобные покрытия могут повышать антикоррозионные свойства за счет отделения воды при контакте с металлическими подложками [4].

Когда покрытия находятся в эксплуатации, они подвержены повреждениям из-за их тонкого сечения: как только происходит повреждение, покрытия теряют свою функциональность, например, антикоррозионную. Таким образом, привлекательным является нанесение самовосстанавливающихся покрытий, способных восстанавливать себя; вследствие этого покрытия будут иметь более длительный срок службы, и нет необходимости повторно наносить их при повреждении.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ppt-onlin [Электронный ресурс] : [официальный сайт] Copyright 2021.  
URL <https://ppt-online.org/823933>
2. winport.by [Электронный ресурс] : [официальный сайт] 2015  
URL: <http://winport.by/article/supergidrofobnoe-pokrytie-stekla-predlagaet-avnye-preimusestva>
3. extxe.com [Электронный ресурс] : [официальный сайт] 2019  
URL <https://extxe.com/14426/samovosstanavlivajushhiesja-materialy/>
4. atf.ru [Электронный ресурс] : [официальный сайт] 2020  
URL <http://www.atf.ru/articles/obzory/polimernye-pokrytiya-vidy-svoystva-osobennosti-naneseniya/>

#### ЭЛАСТОМЕРЫ – «РОДСТВЕННИКИ» ПЛАСТМАСС

Локтюшов Михаил Владимирович, бакалавр кафедры ССМ, e-mail: loctmv@mail.ru  
Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail: gea62@yandex.ru.  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В настоящее время в рецептуре эластомерных композиций всё большее место занимают ингредиенты полифункционального действия, полученные с использованием различных приёмов физико-химической модификации. Проведён анализ получения и применения эластомеров и пластмасс. Сравнение их свойств и производства.*

**Ключевые слова:** полимеры, эластомеры, высокоэластичный материал, резина.

Пластмассы – материалы, основой которых являются синтетические или природные высокомолекулярные соединения (полимеры). Исключительно широкое применение получили пластмассы на основе синтетических полимеров [1]. Пластмассы – конструкционные материалы, содержащие полимер, который при формировании изделия находится в вязкотекучем состоянии, а при его эксплуатации – стеклообразное. При нагревании пластмассы приобретают заданную форму [1].

Эластомеры представляют собой полимеры, обладающие не только эластичностью, но и вязкостью, поэтому они известны как вязкоупругие. Молекулы эластомеров удерживаются вместе слабыми межмолекулярными силами, как правило, они демонстрируют низкий модуль Юнга и высокий предел текучести или высокую деформацию разрушения. Они наследуют уникальное свойство восстанавливать первоначальную форму и размер после сильного растяжения [3]. Эластомеры (каучуки) – полимерные материалы, способные к высокоэластичным и обратимым деформациям в широком интервале температур.



Рисунок 2 – Пластмассы [1]

Распространенным заблуждением является то, что термины полимер, эластомер (резины) и пластик взаимозаменяемы. Хотя они имеют общие черты, они не обязательно являются синонимами друг друга [2].



Рисунок 2 – Эластомеры [2]

Во время вулканизации, в отличие от аналогичных процессов для термопластов и пластификаторов, между резиновыми полимерами образуется относительно небольшое количество химических связей, в результате чего получается очень эластичная пластичная резиновая смесь.

Высокоэластичное состояние материала допускает обратимую деформацию до нескольких сотен процентов. В отличие от пластмасс, эластомеры поддерживают широкий температурный диапазон от высоких температур (более 100 °C) до низких температур, так называемой температуры стеклования.

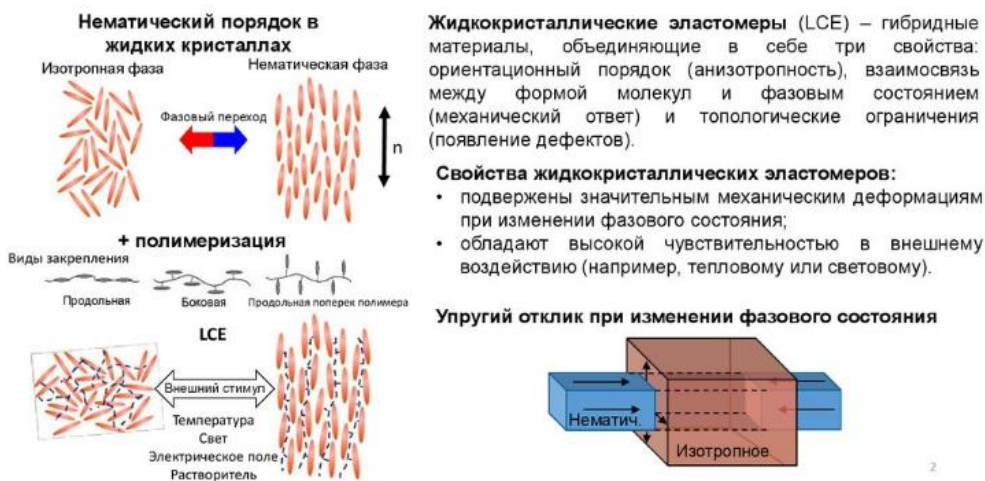


Рисунок 3 – Полимеризация и свойства эластомеров [4]

Для эластомеров температура стеклования обычно ниже 0 ° С. Твердость значительно увеличивается с понижением температуры, но эта зависимость имеет заметную тенденцию к переходу в хрупкое состояние, наблюдаемую у терморезиновых и терморезиновых материалов. Выбирая правильный тип резины и других ингредиентов, вы можете производить материалы, которые отвечают требованиям механических, термических, химических, электрических или других физических свойств.

Пластик и эластик Пластик и эластомер являются типами полимеров. В широком смысле полимеры описываются молекулярными характеристиками, включая состав повторяющихся звеньев, форму цепи, молекулярную массу и структуру. Пластмассы и эластомеры имеют перекрывающиеся молекулярные характеристики, но дополнительно определяются их реакцией на механическое напряжение, температуру и химическую структуру.

Полимеры состоят из повторяющихся звеньев атомов, которые структурированы в виде длинной цепочки, образующей очень большую молекулу. Наименьшим повторяющимся звеном полимерной цепи является мономер, также называемый мерным звеном. Полимеры могут быть созданы с использованием одного типа мономера (например, полиэтилена или нескольких, мономер). Характеристики отдельного мономера будут отражены в полимере, а полезные свойства нескольких мономеров в сополимере могут быть использованы для создания более прочного материала.

Способность пластика сохранять свою форму под нагрузкой во многом зависит от расположения его полимерных цепей. Расположение цепи может иметь аморфную форму или различную степень кристалличности, что играет роль в свойствах. Чтобы считаться пластиком, материал должен работать ниже температуры стеклования (если он аморфный), ниже температуры плавления (если кристаллин) или иметь плотность сшивки, достаточную для сохранения его формы. Пластмассы охватывают множество различных полимерных материалов, включая полиамид, поликарбонат, винил и другие. Пластмассы могут быть термопластичными или терморезиновыми [5].

Эластомеры, широко известные как каучук, отличаются от пластиков тем, что они обладают большой способностью к большой упругой деформации под действием приложенного напряжения. Другими словами, они могут быть растянуты на 100% своей первоначальной длины без остаточной деформации. Деформация эластомерного материала компенсируется молекулярной структурой и расположением полимерной цепи. Длинная полимерная цепь сильно скручена, свернута и переплетена в состоянии покоя. При приложении напряжения цепь разматывается и становится линейной. После снятия напряжения цепи возвращаются в исходное ненагруженное состояние. Чтобы цепь находилась в крайне неорганизованном состоянии в состоянии покоя, молекулярная структура эластомера не должна выравниваться и создавать кристаллическую структуру.

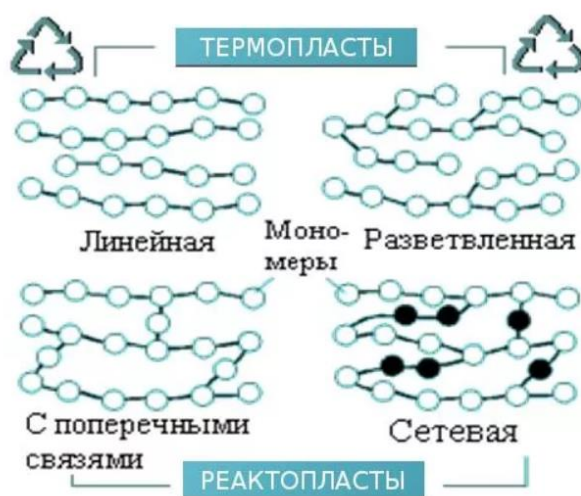


Рисунок 4 – Цепи мономеров у термопластов и реактопластов [4]

Распространенным способом предотвращения кристалличности и регулярного выравнивания цепей является добавление боковых групп к цепи или использование более одного мономера. Последним компонентом эластомера является сшивка. При сшивке соседние полимерные цепи соединяются химическими связями. Связи ограничивают движение и увеличивают силу. Как правило, эластомеры классифицируются как термореактивные. Тем не менее, существует подгруппа термопластов, называемых термопластичными эластомерами, которые обладают резиноподобными характеристиками при температуре окружающей среды, но все еще являются термопластичными по своей природе [5].

Эластомеры сами по себе имеют ограниченное коммерческое применение из-за ограниченных свойств (в зависимости от использования). Компаундирование базового эластомера путем добавления различных материалов может увеличить прочность, уменьшить деградацию, улучшить технологичность и снизить стоимость. Выбор правильного эластомера до компаундирования является ключом к успеху. Свойства, присущие базовому эластомеру, будут определять пригодность для применения. Компаундирование может улучшить эластомер, но не полностью устранит присущие ему характеристики. Высокая способность к формованию эластомеров делает этот материал хорошим для герметизации компонентов, но ограничивает его использование в приложениях, где сохранение формы имеет решающее значение [5].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <http://www.bibliotekar.ru/materialy/39.htm>
2. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Эластомер>
3. [https://byjus-com.translate.goog/physics/elastomers/?\\_x\\_tr\\_sl=auto&\\_x\\_tr\\_tl=ru&\\_x\\_tr\\_hl=ru&\\_x\\_tr\\_pto=wapp](https://byjus-com.translate.goog/physics/elastomers/?_x_tr_sl=auto&_x_tr_tl=ru&_x_tr_hl=ru&_x_tr_pto=wapp)
4. <https://lfirmal.com/ehlastomery-rodstvenniki-plastmass/>
5. <https://www.valvemagazine.com/articles/elastomer-and-plastic-materials>

#### ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЗАТРАТ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КМ

Макарьев Артём Николаевич, магистрант кафедры ССМ, e-mail: makarev-98@mail.ru  
Научный руководитель - Ананьева Елена Сергеевна, к.т.н., доцент, e-mail: eleana2004@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*«Современные подходы требуют современных решений», так и в этом случае по снижению ценовой политики эпоксидных смол в композиционном материале (КМ). Существует множество решений по снижению цен на производство КМ с использованием эпоксидных смол, которые отличаются своей простотой и высокими физико-механическими свойствами. Одним из таких решений является метод смешивания двух смол, называемым – полиматричным.*

**Ключевые слова:** матрица, эпоксидная смола (ЭС), полиэфирная смола (ПС), полиматричный КМ, ценовая политика.

На сегодняшний день синтетические материалы заменили природные материалы во многих областях человеческой деятельности, которые получили большое применение благодаря низкой стоимости и широкому разнообразию свойств. Еще одним немаловажным преимуществом таких материалов, является способность создавать новый тип материалов, совершенствовать старые, а также способы их изготовления. Все это происходит путем подбора сырьевых компонентов, их соотношения в объемной доли смеси, называемой композицией, и технологических параметров. Благодаря этому у синтетических материалов есть возможность оптимизации свойств под определенные условия использования, а также расширять их возможности применения путем получения изделий с набором новых или усовершенствованных технологических и эксплуатационных свойств [1].

Материалы, состоящие из двух и более компонентов (арматура, наполнитель, матрица и др.), называют композиционными или же композитами. Они являются востребованными на сегодняшний день и наиболее перспективными с точки зрения дальнейшего развития технологий производства и последующего использования материалов. Для того чтобы эти материалы образовали единое изделие нужно подобрать их таким образом, чтобы их число было сопоставимым и приводило к образованию требуемых свойств и структуры. Одним из главных составляющих компонентов в КМ является – связующее (матрица). Оно отвечает за сохранение формы изделия, а также передачу механических нагрузок на арматуру, расположенную внутри матрицы, а также сопротивление действию других внешних факторов (температуры, ультрафиолета и др.) [1].

Одной из важных проблем при создании КМ является разработка матриц. Это связано с тем, что от структуры матрицы зависят многие свойства композитов. Второй немаловажной проблемой является их экономический характер. Поскольку с увеличением производства КМ растет и цена на составляющие его компоненты. Поэтому при создании композита исследователь должен находить компромиссы, оптимизировать выбор связующего, учитывая не только его физико-механические, -химические свойства, но еще и экономические затраты [2].

Особое место на рынки заняли армированные пластики, изготовленные на основе термопластичных и термореактивных матриц. Они применяются в разных отраслях мира и цена на некоторые из таких матриц очень высока, особенно при больших объемах производства. Такая проблема связана с тем, что разные связующие имеют разные физико-механические, химические свойства, из-за которых цена очень сильно варьируется на рынке.

Эпоксидные и полиэфирные смолы (термореактивные смолы) являются часто применяемыми смолами для производства стеклопластиков. Термопластичные смолы за счет теплового воздействия можно вернуть в жидкое состояние, что удешевляет такой тип производства, но с термореактивными смолами все сложнее, при воздействии теплом они не возвращают в жидкое состояние, а остаются в твердом состоянии [3].

Эпоксидные смолы по сравнению с полиэфирными имеют гораздо выше физико-механические характеристики и они отверждаются, как горячим, так и холодным отверждением, что повышает способы изготовления КМ. Отверждение этих смол происходит при помощи кислых и аминных отвердителей без выделения побочных продуктов (чистая реакция полимеризации). В полиэфирных же смолах все сложнее, они выделяют резкий вредный запах и они сложнее в отверждении (активатор, ускоритель и пр.). Тем самым, полиэфирные смолы гораздо дешевле, чем эпоксидные [3].

Если взять за пример стеклопластиковое судостроение, то полиэфирная смола там используется намного чаще, чем эпоксидная. Это связано с тем, что полиэфирная смола стоит на порядок дешевле эпоксидной, да и по свойствам она с запасом отвечает поставленным требованиям. Но существуют ситуации, когда ЭС невозможно заменить на - ПС, хотя если это даже экономически невыгодно. Возможно, со временем цена на них снизится, но ждать когда это случится, не имеет смысла.

Из-за высоких показателей физико-механических свойств эпоксидные смолы наиболее часто применяются для производства КМ, использующихся в условиях высоких нагрузок, температурных взаимодействий с окружающей средой и т.д., но и цена на такие материалы очень высокая.

Для того чтобы снизить стоимость КМ грамотный технолог, меняя комбинации смол, отвердителей и наполнителей, может получить совершенно новый тип материала, который будет обладать совершенно новыми свойствами, например комбинированные композиты.

Комбинированные композиты по своей структуре и признакам делятся на несколько видов: полиармированные, полиматричные и гибридные (рисунок 1). Самыми простыми в изготовлении являются полиармированные композиты, которые имеют одну матрицу и два или более армирующих элемента, отличающихся по природе и (или) структуре. Второй по сложности является полиматричный, который состоит из нескольких типов матриц, образо-



ванных в одну методом смешивания или нанесенных друг на друга слоями. И третий самый сложный, он объединяет оба метода и называется гибридным. Он изготавливается постепенно вместе с изделием. Это делается для того, чтобы компоненты образующие КМ располагались в нужном месте для полной реализации своих свойств [4].

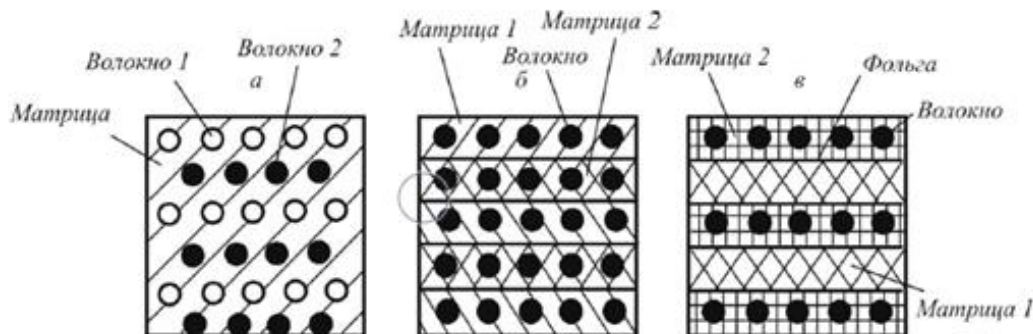


Рисунок 1 – Схемы комбинированных композитов: а – полиармированный, б – полиматричный, в – гибридный [5]

Для того чтобы снизить ценовую политику эпоксидных смол наиболее подходящим является получение смолы полиматричным способ, а именно методом смешивания двух смол.

Полиматричный композит, как было сказано выше может состоять из нескольких матриц смешанных или нанесенных друг на друга слоями. В слоистом композиционном материале высокую значимость будет играть адгезионная прочность между слоями, что может сказаться на механических свойствах материала. Поэтому полиматричный композит образованный смешиванием гораздо эффективнее, так как он монолитный, но есть и сложности.

Основная сложность в создании полиматричного композита методом смешивания заключается в подборе компонентов, в нашем случае это эпоксидной и полиэфирной смолы с отвердителями, ускорителями, активаторами и пр., это делается для того, чтобы сохранить имеющиеся физико-механические характеристики эпоксидной смолы при добавлении полиэфирной. Тем самым объем смолы в КМ с показателями эпоксидной смолы увеличится, а за счет полиэфирной смолы, цена на нее снизится, так как полиэфирная смола гораздо дешевле [4].

Чтобы изготовить такой тип материала методом смешивания, да и вообще любого материала необходимо подробно изучить и исследовать, а именно узнать какой состав будет наиболее оптимальным, какую выбрать технологию и структуру материала, где будет эксплуатироваться материал, в общем, знать процессы, происходящие в материале [4].

При изготовлении КМ используются разные рода материалов, при взаимодействии которых возникают фазы и границы раздела между ними, которые определяют свойства будущего изделия. Поэтому необходимо знать, что межфазное взаимодействие компонентов зависит от их термодинамической, кинетической и механической совместимости [4,5].

Термодинамическая совместимость – свойство матрицы, армирующих элементов и других компонентов композита находиться в состоянии термодинамического равновесия при температурах, соответствующих режимам формирования и условиям эксплуатации материала. Такое состояние может быть достигнуто, например, если компоненты взаимно растворяются при формировании композита. Полностью термодинамическое равновесие в композиционных материалах достигается очень редко [4].

Кинетическая совместимость – свойство компонентов находиться в состоянии метастабильного (относительно устойчивого) равновесия, регулируемого протеканием процессов адсорбции, диффузии или химических реакций между компонентами. Термодинамически несовместимые компоненты при определенных условиях (температура, давление, длительность контактирования) могут быть совместимы кинетически, что обеспечивает стабильность композиционного материала [4].

Механическая совместимость достигается, если деформационные характеристики и коэффициенты теплового расширения компонентов (которые могут быть несовместимы ни термодинамически, ни кинетически) соответствуют друг другу таким образом, что при эксплуатации не нарушается целостность композита, а его свойства остаются достаточно стабильными [4].

Таким образом, с помощью полиматеритного метода смешивания двух смол, можно снизить ценовую политику эпоксидной смолы в КМ, а также сохранять или менять физико-механические свойства. Но добиться такого результата получится не сразу, так как свойства отвержденной матрицы образованной методом смешивания будет напрямую зависеть от исходных свойств матрицы в неотвержденном состоянии (химический состав, вязкость и т.д.) и способе ее отверждения. Поэтому благодаря экспериментальным опытам, а именно смешивания в различных объемных долях компонентом и меняя схемы отверждения, можно будет добиться желаемого результата.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований [Электронный ресурс] URL: <https://www.applied-research.ru/ru/article/view?id=12252>
2. Полимеры [Электронный ресурс] URL: <https://ppt-online.org/93216>
3. Полиэфирная смола общего назначения, производство и поставки [электронный ресурс] URL: <http://www.epital.ru/resins/epres.html>
4. Структура композитов [Электронный ресурс] URL: <https://docplayer.com/31253952-6-struktura-kompozitov.html>

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАЗАЛЬТОПЛАСТИКОВ С МОДИФИЦИРОВАННЫМ СВЯЗУЮЩИМ

Марковский Михаил Евгеньевич, магистрант кафедры ССМ, e-mail: [vbif39@gmail.com](mailto:vbif39@gmail.com)  
Научный руководитель - Маркин Виктор Борисович, д.т.н., профессор, e-mail: [mvb1942@mail.ru](mailto:mvb1942@mail.ru)  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В данный момент широко распространены и изучены угле- и стеклопластики, так как они имеют отличные прочностные характеристики и малый удельный вес. Однако, базальтопластики в настоящее время не пользуются большой популярностью и малоизучены. Данная работа направлена на исследование физико-механических характеристик, для возможной замены стеклопластиков.*

**Ключевые слова:** композиционные материалы, базальтопластик, физико-механические характеристики.

В настоящее время производят множество видов волокон. Одним из перспективных и малоизученных является базальтовое волокно. ПКМ на их основе обладают высокими прочностными характеристиками, а также устойчивы к агрессивным средам. Базальтопластики применяют в качестве строительных материалах, а также в изделиях авиа- и машиностроения.

По сравнению с базальтопластиками, большую распространённость в различных отраслях получили другие полимерные композиционные материалы, такие как стекло- и углепластики. По сравнению с углепластиками, ПКМ на основе базальтовых волокон обладают более низкими характеристиками, однако базальтопластики являются отличным кандидатом для замены стеклопластиков, так как имеют примерно одинаковые характеристики.

Объектом исследования выступает однонаправленный базальтопластик с модифицированным связующим наночастицами.

В качестве армирующего материала для однонаправленных базальтопластиков был использован базальтовый ровинг BCF 17-2520-KV1. В качестве матрицы используется эпоксидное связующее на основе ЭД-22, отвердителя изо-МТГФА и ускорителя УП-606/2. Его компонентный состав представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Компонентный состав связующего

Обозначение компонента	Содержание компонента, масс.ч.
ЭД-22	100
ИМТГФА	85,0
УП-606/2	1,0

В качестве модифицирующих наночастиц были выбраны углеродные нанотрубки TUBALL («OCSial», Новосибирск).

В данной работе были изготовлены образцы базальтопластиков методом поперечной намотки и включающие в состав базальтовый ровинг BCF 17-2520-KV13 и эпоксидное связующее на основе смолы ЭД-22.

Было изготовлено две партии образцов для выяснения влияния внедрения нанодисперсного наполнителя в состав связующего базальтопластиков: немодифицированных и после модификации связующего путем добавления 0,10 % масс. углеродных нанотрубок TUBALL («OCSial», Новосибирск). После чего были проведены испытания, согласно стандартам [1,3] и монографии [2]. Результаты исследований представлены рисунке 1.

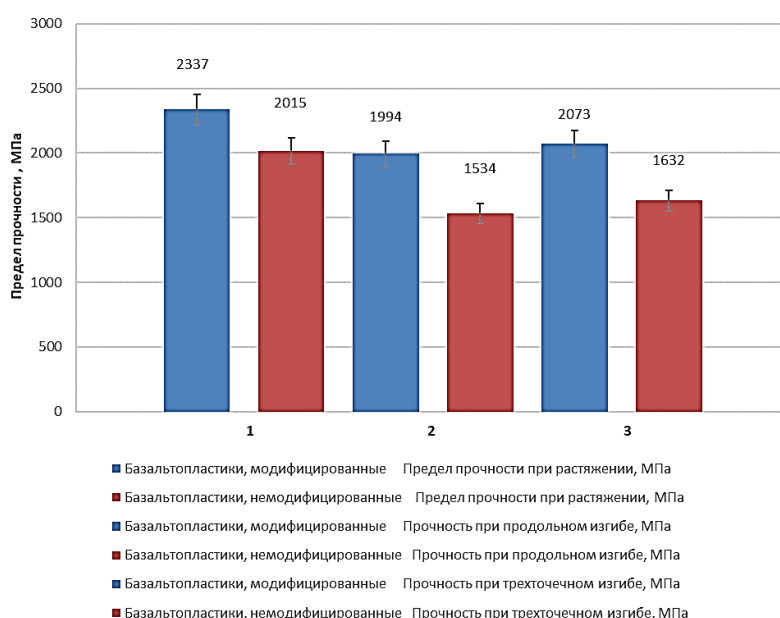


Рисунок 1 - Результаты исследования физико-механических характеристик модифицированных и немодифицированных базальтопластиков, где 1 – предел прочности при растяжении, МПа, 2 – прочность при продольном изгибе, МПа, 3 – прочность при трехточечном изгибе, МПа

Проанализировав данные гистограммы, представленные на рисунке 1, можно сделать следующий вывод, что при содержании 0,10 % масс. углеродных нанотрубок TUBALL в составе связующего, прочностные характеристики базальтопластиков возросли по сравнению с немодифицированным базальтопластиком: при продольном изгибе – на 30 % (до 1994 МПа), при растяжении – на 16 % (до 2337 МПа), при трехточечном изгибе – на 27 % (2073 МПа).

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- ГОСТ Р 56785-2015 «Метод испытания на растяжение плоских образцов» – 2015
- Блазнов А.Н. Методы механических испытаний композиционных стержней: монография/ А.Н. Блазнов, В.Ф. Савин, Ю.П. Волков, А.Я. Рудольф, О.В. Старцев, В.Б. Тихонов; под ред. А.Н. Блазнова, В.Ф. Савина. – Бийск: Изд-во Алт. Гос. техн. ун-та, 2011. – 314 с.
- ГОСТ Р 56810-2015 «Композиты полимерные. Метод испытания на изгиб плоских образцов». – 2017.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ, ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НАПОЛЬНЫХ СПОРТИВНЫХ ПОКРЫТИЙ

Марченко Иван Александрович магистрант кафедры ССМ, e-mail:marchena294@mail.ru  
Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В момент строительства спортивных сооружений большое значение имеет выбор спортивного покрытия, потому что любой вид спорта связан с риском получения травм. Хорошая амортизация, сцепление обуви с поверхностью, снижение риска получения травм, эффективность тренировок и достижение наивысших результатов напрямую связаны с качеством спортивного напольного покрытия. В данной статье проводится сравнительный анализ материалов по их характеристикам для определения оптимального материала.*

**Ключевые слова:** спортивные покрытия, характеристики материалов, ПВХ-покрытие, модульное покрытие, занятие спортом.

Спортивные покрытия - это главная и важная основа спортивного помещения, включающее в себя набор различных материалов и устройств к ним. Спортивные напольные покрытия при укладке напоминают пирог, который состоит из амортизирующей подушки и самого покрытия [1].

Покрытие любого спортивного сооружения должно быть максимально безопасным. Это выражается в том, что части покрытия в спортзале не должны отколоться и нанести травму, и оно не должно иметь вредных выделений. Некоторые производители в качестве экономии добавляют в напольное покрытие компоненты, которые накапливаются в организме. Пребывание в таком помещении пагубно скажется на организме человека [1].

Быть готовым к многотонным нагрузкам и обладать определенной пружинистостью важная характеристика спортивного покрытия. Данная необходимость нужна для эффекта антишока, так как при беге вес человека увеличивает в несколько раз за счет удара стопы об пол. Все это приводит к невообразимым нагрузкам на мышцы и связки. Также важным фактором для спортзала является звукоизоляция, спортсмены должны слышать друг друга и тренера, при этом звуки не должны мешать другим посетителям здания. Ремонтировать покрытие путем его полной замены – нецелесообразное решение, поэтому подбирать стоит такое, которое легко раскроить на части и отремонтировать локально [1].

Спортивные покрытия различают по типу назначения и конструкции.

По назначению:

1. Универсальные – подходят для занятий разными видами спорта;
2. Специализированные – предназначены для занятий определенными видами спорта.

По типу конструкции:

1. Модульные – представляют собой готовые плиты различных цветов, размеров и толщины, для их установки не требуется клеевая основа [2].
2. Стационарные – изготавливаются из рулонных материалов (линолеума, спортивного паркета, наливного полиуретана). Наиболее распространенным видом рулонного покрытия являются бесшовные из резиновой крошки [2].



а) б)  
Рисунок 1- Спортивное покрытие: а) модульное, б) стационарное

Наиболее значимыми характеристиками спортивных покрытий являются:

- амортизация удара – выражается в процентном соотношении, способность спортивного покрытия поглощать энергию ударов, в том числе при беге, прыжка и при падении. Данный показатель придает полу травмобезопасность и не снижает динамику спортивных состязаний;

- вертикальный отскок мяча – также выражается процентном соотношении, данный показатель рассчитывается на сравнении отскока баскетбольного мяча от недеформируемого жесткого основания;

- вертикальная деформация – степень сжатия покрытия при динамической нагрузке.

В зависимости от функционального назначения покрытие может иметь различную жесткость;

- нагрузка качением – коэффициент деформации напольного покрытия при перемещении по нему спортивного инвентаря (актуально для помещений, где проходят занятия по тяжелой атлетике).

- коэффициент трения – определяет степень скольжения по покрытию в сухой обуви.

Определение данных характеристик производится согласно ГОСТ Р 55529-2013 «Требования безопасности при проведении спортивных и физкультурных мероприятий. Методы испытаний» [3].

Таблица 1 - Сравнительные характеристики спортивных покрытий

№ п/п	Виды спортивных покрытий	Полиуретановое	ПВХ-покрытие	Спортивный паркет	Акриловое	Каучуковое
1	Амортизация удара, %	20	35	55	25	45
	Коэффициент трения, %	55	105	60	55	65
2	Вертикальный отскок мяча, %	90	95	90	90	90
3	Вертикальная деформация, мм	1,2	1,1	2,3	3,5	2,5
4	Срок службы, лет	10-15	15-20	10-15	7-10	15-20
5	Экологичность	+	+	+	+	+
6	Ремонтопригодность	-	+	+	-	-

Для выбора подходящего спортивного покрытия нужно обязательно обратить внимание на материал, который будет применяться для его изготовления.

Согласно вышеперечисленным требованиям необходимо при выборе подходящего спортивного покрытия обратить внимание на разработку компонентного состава материалов, который в дальнейшем будет использоваться для его изготовления. Наиболее перспективным является ПВХ-покрытие, так как по сравнению с остальными покрытиями он имеет следующие преимущества: простота производства и модификации, экологичность, ремонтпригодность, огнестойкость.

ПВХ-покрытие полностью соответствует предъявляемым требованиям и характеристикам. Оно имеет слоистую структуру, благодаря чему компонентный состав может варьироваться для получения оптимальных характеристик и показателей покрытия. Каждый слой несет определенную функциональную нагрузку [4].

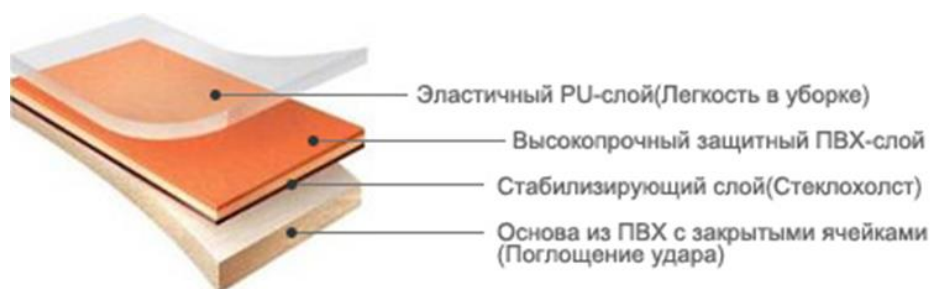


Рисунок 2 - Спортивное напольное ПВХ-покрытие

Благодаря равномерному распределению высоких эксплуатационных нагрузок достигается высокая износостойкость материала. Наличие вспененного нижнего слоя из поливинилхлорида и армирующей сетки увеличивает срок эксплуатации пола. Выпускается такое покрытие в виде рулонов или в виде модульной плитки [4].

К спортивным напольным покрытиям в настоящее время предъявляются все более жесткие требования по эксплуатационной долговечности в условиях знакопеременных динамических нагрузок. Малоизученность взаимосвязи состава и структуры материалов с их вязкоупругими и динамическими свойствами затрудняет разработку и создания композиций для спортивных покрытий, отвечающих современным требованиям.

С помощью внедрения новых технологий разрабатываются различные рецептуры ПВХ-покрытий. Современные технологии позволяют изготавливать покрытия с высокой прочностью на излом и разрыв, благодаря этому данное покрытие можно снимать и укладывать многократно. Универсальность спортивных залов становится возможным при использовании съемного способа укладки материалов.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Устройство спортивных покрытий // Промышленно-строительное обозрение.-2005 г. - № 8 (90). - С. 91-92.
2. Устройство спортивных площадок. // СтройПрофиль. - 2008 г. - № 5 (67).
3. ГОСТ Р 55529-2013 «Требования безопасности при проведении спортивных и физкультурных мероприятий. Методы испытаний».
4. Коротышевский О. В. Напольные покрытия из ПВХ. // Строительные материалы. - 2000 г.- № 3. - С. 16-17.

#### АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Мусатова Дарья Алексеевна, студент кафедры ССМ, email:dasha.musatova@inbox.ru  
 Научный руководитель - Хапёрских Снежана Александровна, зам. зав. кафедрой,  
 старший преподаватель, e-mail:snezhana\_v@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрев некоторые виды эпоксидных связующих, отвердителей, а также дисперсных наполнителей, необходимых для создания новых композиционных материалов, получены выводы об оптимальном компонентном составе, который будет удовлетворять высоким прочностным свойствам будущего композита.*

*Ключевые слова:* связующее, отвердитель, дисперсный наполнитель, композиционный материал, эпоксидная смола, отвердитель, дисперсно-наполненный композит.

В настоящей работе мне предстоит изучить основные компоненты для композиционных материалов, а именно: наполнители, связующее и отвердители. Ознакомиться с физическими свойствами и областями применения, сравнить и выделить наиболее перспективные из них.

В первую очередь стоит начать с наполнителей и привести их классификацию (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация наполнителей для ПКМ

Наполнители												
По природе		По источнику получения			По назначению				По форме частиц			
Органические	Неорганические	Растительные	Минеральные	Синтетические	Армирующие	Упрочняющие	Усиливающие	Нейтральные	Дисперсные	Волокнистые	Листовые	Объемные

Наполнитель играет важную роль в образовании главных свойств композиционных материалов. Его используют для улучшения таких свойств как: жесткость, термостойкость, прочность на изгиб и при растяжении, влагостойкость и т.д. От него в значительной степени зависят технологические характеристики материала, а также возможности их последующей переработки.

Введение наполнителя приводит к увеличению поверхности и пористости материала, что говорит о влиянии выбранного наполнителя на формирование будущей структуры матрицы. Частицы наполнителя как в твердых полимерах, так и в растворах являются центрами образования сплошной пространственной структуры. Для таких систем характерно наличие тонких остаточных прослоек жидкости в местах контакта между частицами. Эти прослойки обеспечивают способность системы к значительным пластическим деформациям.

К эталонному наполнителю предъявляются строгие требования, которые сочетать в одном компоненте нелегко. Если один выбранный наполнитель не может соответствовать нужным требованиям, то в композит можно добавить несколько наполнителей для достижения желаемых характеристик. Можно вводить в связующее наполнители, которые имеют разный состав и форму.

Наполнитель необходимо выбирать исходя из их физических свойств. Для примера проанализируем некоторые наполнители: волластонит, микросферу керамическую и оксид алюминия.

Волластонит относится к минеральным наполнителям. Игольчатая форма минерала позволяет использовать его в качестве усиливающего материала при создании полимера. Он также является безопасным минеральным наполнителем. Одним из основных его преимуществ является стойкость к взаимодействию с водой, а это, в свою очередь, будет плюсом при работе со смолами.

Микросферы могут использоваться в растворителях, органических растворах, воде, кислотах или щелочах без потери свойств. Огнеупорность микросферической керамической изоляции составляет 1610 градусов Цельсия, это отличный пример теплоизоляционного огнеупорного материала.

Оксид алюминия является неорганическим кристаллическим наполнителем. При добавлении этого материала к смолам можно снизить объемную усадку, уменьшить коэффициент линейного расширения. А также увеличить теплопроводность, при этом не потерять диэлектрические свойства.

В целом физические свойства данных наполнителей можно представить посредством таблицы 2.

Таблица 2 – Физические и эксплуатационные свойства наполнителей

Наименование показателя	Значение показателя		
	Волластонит	Микросфера керамическая	Оксид алюминия
Кристаллическая структура	Игольчатая	Сферическая	Кристаллическая
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	2900	320-370	3990
Термический коэффициент расширения, К <sup>-1</sup>	6,5·10 <sup>-6</sup>	0,2-1,3·10 <sup>-5</sup>	7-8·10 <sup>-6</sup>
Показатель преломления	1,63	2,67	1,579
Температура плавления, °С	1540	1400	2044
Растворимость в воде, г/100 см <sup>3</sup>	0,0095	-	Нерастворим
Твердость по шкале Моса	4,5	5-6	2,5-3,5
Теплопроводность микросфер при 20 °С, Вт/м·К	-	0,08	-

Наряду с наполнителями проанализируем связующее.

Эпоксидная смола относится к реактопластичным связующим. Реактопласты, вещества, которые после отверждения не могут быть повторно переведены в жидкое состояние.

Основными сложностями при работе с эпоксидными смолами являются: строгое соблюдение пропорций при смешении смолы и отвердителя, соблюдение температур окружающей среде во время отверждения, а также отсутствие влажности, которая может вступить в реакцию с отвердителем и испортить внешний вид отвердевшего изделия.

Используемые составы не стоит подвергать различным растворителям, так как отвержденное изделие не является устойчивым к большинству из них. Так же они не должны подвергаться воздействию высоких температур. Именно для этого необходимо подбирать смолы, обладающие наибольшей степенью стойкости в агрессивной среде.

В работе будут рассмотрены эпоксидные смолы холодного отверждения. Все виды смол, представленные в таблице 3, относятся к одной группе, а именно эпоксидно-диановые и, соответственно, обладают близкими по значениям характеристиками.

Так как свойства похожи, ниже будет представлена таблица свойств отвержденной смолы ЭД-20 с тремя различными отвердителями, также относящимися к холодному типу отверждения. (Таблица 4)

Ниже в таблице 3 приведены свойства некоторых смол.

Таблица 3 – Свойства эпоксидных смол холодного отверждения

Наименование показателя	ЭД-20	ЭД-22	ЭД-16
Внешний вид	Низковязкая прозрачная	Вязкая прозрачная	Высоковязкая прозрачная
Массовая доля эпоксидных групп, %	22,1 - 23,6	20.0 - 22.5	16 - 18
Динамическая вязкость при (25±0.1)°С, Па*с	8 - 12	13 - 20	-
Плотность при 25°С, г/см <sup>3</sup>	1,116	1,166	1,160
Эпоксидный эквивалент, г/моль, в пределах	195-216	175-196	239-269
Время желатинизации, ч, не менее	8	18	4

Таблица 4 – Свойства отвержденных композиций: ЭД-20 и отвердители «холодного» отверждения

Показатель/Отвердитель	ПЭПА	ТЭТА	АФ – 2
Теплостойкость по Вика, °С	95	113	103
Температура тепловой деформации, °С	105-120		
Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	50	88	79



Продолжение таблицы 4

Показатель/Отвердитель	ПЭПА	ТЭТА	АФ – 2
Разрушающее напряжение при сжатии, МПа	113	113	116
Разрушающее напряжение при изгибе, МПа	115	130	108
Ударная вязкость, кгс-см/см <sup>2</sup>	11	20	14
Относительное удлинение при разрыве, %	2,0	3,0	1,3

Из вышеприведённых отвердителей для проведения испытания был выбран отвердитель ТЭТА. Его показатели разрушающего напряжения при возможных деформациях имеют наиболее высокие значения. Также у ТЭТА есть такое преимущество, как прозрачность, то время как остальные два отвердителя имеют невысокую прозрачность и коричневатокрасный цвет.

Исходя из поставленной мной цели, выбрать из предложенных компонентов наиболее перспективные и с более обширной сферой применения, по моему мнению, оптимальной рецептурой будущего композиционного материала будет являться состав из эпоксидно-диановой смолы и отвердителя ТЭТА. В зависимости от свойств, которые будут предъявлены необходимому изделию целесообразно рассмотреть все три приведенные в данной работе наполнителя.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Наполнители для полимерных композиционных материалов: Справочное пособие; Пер. с англ./Под ред. П.Г. Бабаевского. – М.: Химия, 1981. – 736с., ил. – Нью-Йорк: Ван НострандРейнолдс, 1978
2. «Группа «ПГС»» [Электронный ресурс]: [официальный сайт] Москва, 2017 – 2022. URL: <https://swatstroj.ru/company/index.php>
3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс]: [официальный сайт] Москва, 2012 – 2022. URL: <https://cyberleninka.ru>

#### КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОСТНЫХ ИМПЛАНТАТОВ

Огиенко Татьяна Ивановна, студент кафедры ССМ, e-mail:miomoon993@gmail.com  
 Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:geab2@yandex.ru  
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Исследования в области биомедицины давно привлекают внимание многочисленных ученых и инженеров. Создание и модификация медицинских изделий является важной задачей на современном этапе развития медицины. Она заключается в замене достаточно сложной биологической материи в организме человека на менее сложные по строению синтетические полимеры, которые впоследствии должны выполнять функции живой ткани. Преимуществом эндопротезирования является долгосрочное возвращение качества жизни среднестатистического человека.*

**Ключевые слова:** эндопротезирование, имплантат, полимер, углеродные материалы, медицина.

На первой ступени развития биоматериалов их основное назначение сводилось к тому, чтобы заменить менее технологичные материал на новое поколение пластиков или для улучшения некоторых его характеристик.

На второй ступени развития встал вопрос, непосредственно касающийся применения биоматериалов для имплантирования и эндопротезирования. К данной группе предъявляют два важных требования: функциональность и безопасность. Проблема данного этапа состояла в разработке не только инновационного высокомолекулярного материала, но и способ-

ность материала «прижиться» в биологической среде человеческого организма. Для производства таких материалов были изучены вопросы взаимодействия синтетических веществ с живым организмом.

На основе данной схемы были выдвинуты следующие требования к полимеру:

- При взаимодействии с живой тканью не вызывать аллергической реакции и вредного воздействия;
- Соответствовать достаточно высоким требованиям физических свойств, чтобы не повредить биологическую среду;
- Объект не должен вносить физиологических изменений в организме человека (отклонение в системе метаболизма, затруднение разложение белков и ферментов и т.д.);
- Полимер не должен также менять свою структуру, разлагаться и химически трансформироваться под влиянием биологической среды в организме [3].

Проведение сопутствующих испытаний является обязательным процессом для синтетических материалов медицинского назначения. К сожалению, полученные хорошие результаты не гарантируют запуска материала в широкий оборот. Данные многих испытаний могут существенно различаться с реальными условиями пребывания материала в организме человека [2].

Помимо всего прочего, нужно найти материал, отвечающий всем требованиям для производства эндопротезов. Изначально для протезирования использовались металлы. Первоначально свойства данных материалов удовлетворяли медицину, однако в ходе времени, у молодых пациентов приходилось заменять протезы по причине ряда недостатков. Наличие углерода в составе наших тканей подтолкнуло ученых к созданию углеродных материалов.

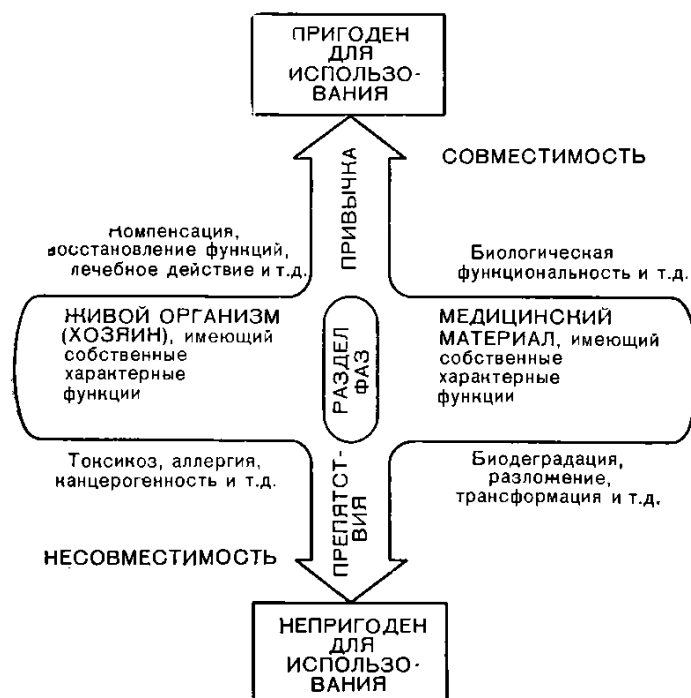


Рисунок 1 – Схема биологических совместимостей медицинских материалов [1]

На основе всех предъявленных требований к эндопротезам и исследований в токсикологической и санитарно-химической областях, становится очевидной пригодность УУКМ. К сожалению, эндопротезы и имплантаты на основе углерод-углеродных материалов имеют довольно существенный недостаток - рентгенопроницаемость. Однако от него можно избавиться, введя в состав какой-либо металл, к примеру серебро [1].

При выборе компонентов для изготовления матрицы и армирующего компонента следует учитывать несколько особенностей:

- Структура армирующего каркаса (размер и форма).

- Тип нити и температура изготовления.
- Характеристики смачивания и сцепления.
- Геометрия и схема переплетения нитей, определяющие размеры пор, распределение пор и связывающих их проходов [3].

В таблице 1 и 2 приведено описание свойств волокон и полимерных матриц, пригодных для производства эндопротезов и имплантатов на основе УУКМ.

Таблица 1 – Физико-механические свойства углеродных лент

Марка	ЭЛУР-0,08П	ЛУП 0,1	УОЛ-300-1	ЭЛУР-П
Модуль упругости при изгибе, ГПа	145	157	-	145
Толщина монослоя углепластика, мм	0,07	0,10	0,235	0,11
Ширина ленты, мм	22	95	300	245
Линейная плотность, г/м	15	30	80	30
Количество нитей основы на 10 см	57	400	-	420
Предел прочности при растяжении, ГПа	0,9	0,7	1,37	0,9
Предел прочности при сжатии, ГПа	0,9	0,7	1,07	0,9

Таблица 2 – Физико-механические свойства матриц

Марка	ЭД-20 (эпоксидная)	ПН-1 (полиэфирная)	ПМ-67 (полиамидная)	Полиэтилены выс. давле- ния
Теплостойкость по Мартенситу, К	373 - 383	316 - 318	-	-
Прочность при растяжении, МПа	70	39-44	120-140	10-17
Прочности при сжатии, МПа	147-167	79-108	200-230	12
Ударная вязкость, $\cdot 10^3 \text{ Дж} \cdot \text{м}^{-2}$	15-18	6-10	60-120	45-60

При производстве углерод-углеродных материалов можно выделить два основных этапа - выбор структурной схемы армирования и создание композита на основе полимерной матрицы, которую впоследствии заменяют на углеродную. Свойства выбранных материалов формируются исходя из желаемого результата в течение обоих этапов производства. Процесс получения углерод-углеродного композиционного материала можно разделить на формирование скелета и заполнения пустого пространства внутри скелета [2].

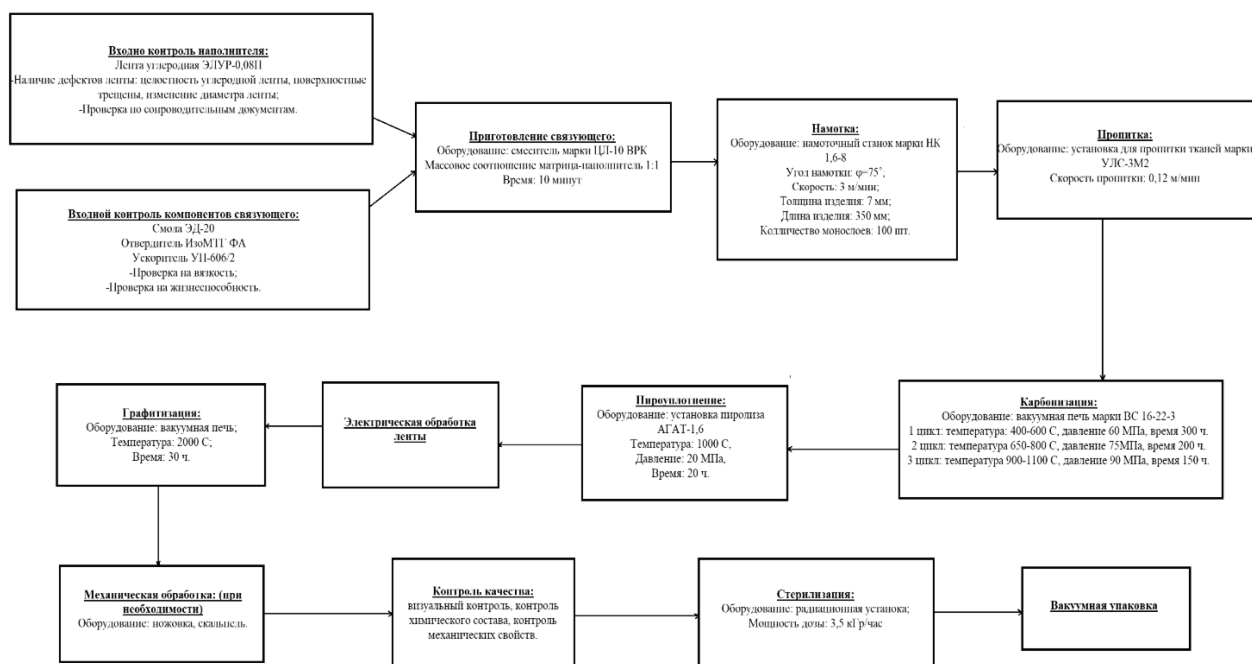


Рисунок 2 – Схема технологического процесса производства имплантатов из УУКМ

Разработанный материал на основе углеродной ленты ЭЛУР-0,08П и связующего ЭД-20 соответствует требованиям, предъявляемым к материалу для изготовления костных имплантатов, и обладает следующими характеристиками:

Таблица 3 – Свойства УУКМ на основе ленты ЭЛУР-0,08 и смолы ЭД-20

Характеристика	Значение
Прочность при изгибе, МПа	310
Прочность при растяжении, МПа	300
Прочность при сжатии, МПа	650
Модуль упругости при изгибе, ГПа	3
Модуль сдвига, Н/м <sup>2</sup>	1,06·10 <sup>3</sup>
Плотность, ·10 <sup>3</sup> кг/м <sup>3</sup>	1,6

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что композиционные материалы делают новый виток в сфере ортопедии и хирургии. Они с легкостью могут конкурировать по многим параметрам. Композиционные материалы еще долго не потеряют своей актуальности. Углерод-углеродные композиционные материалы являются доказательством того, что данный инновационный материал может быть актуален во многих сферах жизни человека, начиная с эндопротезов и заканчивая летательными аппаратами.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Полимеры медицинского назначения: Пер. с япон. /Под. ред. СЭНОО МАНАБУ. – М.: Медицина, 1981, 248 с.
2. Губанов Н.И., Утепбергенов А.А. Медицинская биофизика. - М.: Медицина, 1978, с. 211–230.
3. Золотухин И.В., Калинин Ю.Е., Стогней О.В. Новые направления физического материаловедения. - Воронеж: Воронежский гос. Университет, 2000, 360 с.

#### ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПЕРИФЕРИИ

Пилюгин Всеволод Егорович, студент кафедры ССМ, e-mail:Taos-mak@mail.ru  
 Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru  
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Проанализированы свойства углеродных волокон, используемых при создании полимерных композиционных материалов. Приведен метод формирования формы для компьютерной периферии. Получены выводы об эффективности углепластика, как замена пластика.*

**Ключевые слова:** углеволокно, препрега, прочность, лист, материалы, термопласты, модификация, вакуумная формовка, компьютерные технологии

В связи с расширением сфер жизни человеческого общества, появилось множество предметов, облегчающих существование человека, позволяющих проводить досуг с пользой или же расслабиться после тяжёлого рабочего дня. Начали появляться различные средства доставки информации: телефон, телевизор и компьютер, как самые основные, с помощью них люди выходят в сеть интернет и выбирают средство для расслабления и с ростом различных развлечений появилось огромная нужда в композитных материалах так как появилось достаточное количество случаев, что различные средства связи, ввода и вывода были разрушены из-за неимения достаточной прочности в порыве человеческой ярости. А из-за достаточно большой стоимости не каждый способен позволить себе менять инструменты взаимодействия с технологическим миром современных технологий и поэтому появилась острая нужда в улучшении прочностных свойств пластика, для повышения в вероятности, что инструмент прослужит дольше своих аналогов.

Именно поэтому для элементов взаимодействия, полностью сделанных из пластика и не защищённых от частичного разрушения, но приводящего в негодность прибор, под дей-

ствием силы, разрабатываются частичные или полные модификации, которые позволяют улучшить прочностные качества материала, с помощью методов армирование композитными волокнами. Для повышения прочности, снижение веса, упругости и других свойств, был придуман способ создавать углепластики с помощью метода формования. Для этого метода изготавливается специальная форма изделия или же матрица. На эту форму накладывается уже пропитанный эпоксидной смолой лист углепластика или препрега, и при помощи приборов создаётся мешок без воздуха, вакуум, который под действием нагревателя, принимает форму детали, а после охлаждается и вырезается из листа [1].

В области улучшения углеволокна участвовали многие, но начало его эволюции внёс Акио Шиндо, он использовал в качестве сырья для углеволокна, полиакрилонитрил, что позволило увеличить долю углерода в карбоновых волокнах почти в 55%. На текущее время используется нефтяной пек, который увеличил долю углерода до 85%. Многие учёные проводили и описывали карбоновые волокна А.И. Мелешко, С.П. Половников, А.Г. Щурик, С. Симамура, Я. Абэ. В своих работах они описывают различные свойства и методы армирования и улучшению определённых свойств материалов.

В ходе создания композитов, имеющих термопластичные смолы, называемые матрицей, возникают некоторые трудности в связи с высокой вязкостью растворов и расплавов, так как на каждом этапе происходит определённое изменения состояния полимера, а значит свойства полимера определяют, как он поведёт себя в том или ином состоянии для того чтобы выбрать полимер, подходящий под поставленную задачу. Если взять стадию нагревания, а значит, физическое свойство, и происходит переход полимера в текучее состояние, то тут будет играть большую роль теплоемкость и теплопроводность полимера. При стадии отлива расплава в форму, играет значимую роль вязкостные свойства расплава. И в самом последнем этапе, то бишь охлаждении, большую роль играет теплофизические свойства, а также кристаллизация и усадка материала [2].

Для метода формовки применяют простую конструкцию состоящую из вакуум – камеры, зажимной рамы, нагревательной панели и вакуум-насоса. Используется форма, может использоваться препрега, имеющая полость внизу, которая помещается под насос для откачки воздуха и дабы избежать деформаций перфорированные отверстия должны составлять не больше 0,8 мм, а края отверстий в обязательном порядке должны иметь закругления под максимальный радиус 2–3 от толщины листа [3]. Перед нагреванием листа лист углепластика укладывают над вакуум формой и плотно прижимают с помощью рамы, чтобы образовалась воздухонепроницаемая поверхность, затем лист нагревают, чтобы он имел высокоэластичное состояние, после убирают нагревательные элементы и с помощью вакуум-насоса откачивают воздух, дабы образовался вакуум. Лист прижимается атмосферным давлением и происходит его охлаждение, до тех пор, пока форма детали не сохранит свой внешний вид. Затем зажимная рама поднимается, лист удаляют из формы, а избыток отрезают.

На рисунке 1 показано точный порядок выполнения вакуумного формования с использованием предварительно листа из углепластика или препрега, детали и сама установки. Под атмосферным давлением и нагреванием самого листа происходит формирование детали, и её последующее охлаждение после чего она окончательно примет вид изделия.

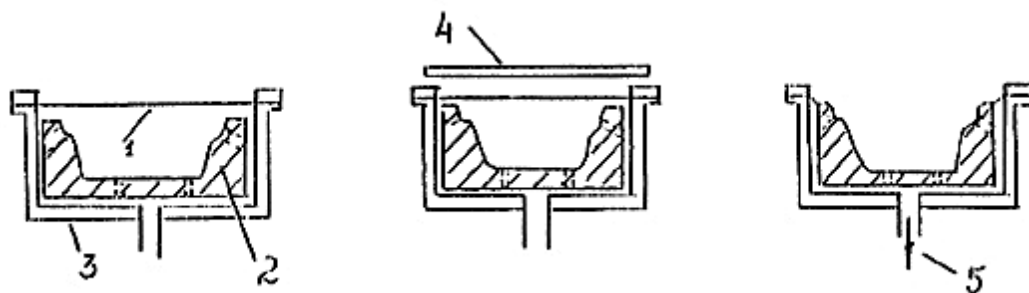


Рисунок 1 – Схема последовательности вакуумного формования, где 1 – лист, 2 – форма, 3 – вакуумная камера, 4 – нагреватель, 5 – к вакуум-линии [3]

Из рисунка видно, что при формировании детали, не допускаются ошибки и деталь, получаемая в ходе вакуумной формовки имеет точный вид задуманного изделия.

В зависимости от выбранного количества выбранных компонентов сама пластина и деталь в конечном счёте будет иметь свою собственный запас прочности, облегченность и может быть в процессе подвергнута различным экспериментам, таким как, растяжение, сжатие, состаривание и т.д., чтобы определить точные показатели конечного продукта, дабы он выполнял функцию, возложенную на него.

Чаще всего волокон в препрегах содержится около 60–70%, их толщина определяется числом элементарных волокон, но для тонких препрегов могут использоваться пучки содержащие от 1000 волокон, не меньше. Фирмы выпускают препреги шириной от 30 до 1000 мм, длиной 50 или 100 м, но это самые базовые могут выпускаться и других размеров [4]. И можно понять, что жизнь такого материала зависит как от типа связующего, так и от условий хранения, чаще всего это составляет от двух недель до трёх месяцев, но может колебаться.

Таким образом, на сегодняшний день, наиболее подходящие волокнами для сухой формовки, являются полимеры с низкой вязкостью, такие, как нейлон, полиэтилентерефталат, полифениленсульфид и т.д. Для «мокрой» подойдут волокна с более высокой вязкостью полимеров [4]. На данный момент множество пластиков на основе углеродных волокон находятся в разработке и доработке существующих, но чаще всего для получения термопластов используются нейлон-6, полипропилен, полиэтилентерефталат, поливинилхлорид и другие полимеры. Также при использовании углеродных волокон, большое влияние на физические свойства играет полимерная матрица. Также, как и для металлов, наиболее важными характеристиками играет атмосферостойкость, способность к последующей обработке (склеивание, окраска, металлизация, типографическая печать), прочность, вес и другие не менее важные характеристики [4].

Из всего вышесказанного можно сделать вывод, что детали, созданные из углеволокна будут иметь большой запас прочности, лучше поглощать кинетическую энергию, иметь хорошую возможность украсить себя, влагозащиту, но их создание будет стоить куда больше чем простая игровая мышь, клавиатура, наушники из пластика, но прослужат куда дольше и выглядеть будет куда более презентабельное, но позволить себе такой девайс сможет не каждый.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Forma – odezhda.com [Электронный ресурс]: Москва 2015 – 2022. URL: <https://forma-odezhda.com/encyclopedia/chto-takoe-ugleplastik-karbon> (дата обращения 8.04.2022)
2. Мелешко А.И. Углерод. Углеродные волокна. Углеродные композиты. – Москва: Изд-во САЙНС-ПРЕСС, 2007.- 192 с.
3. Studopedia.ru [Электронный ресурс]: Москва 2015 – 2022. URL : [https://studopedia.ru/10\\_288419\\_vakuumnoe-formovanie.html](https://studopedia.ru/10_288419_vakuumnoe-formovanie.html) ( дата обращения 9.04.2022)
4. Симамура С. Углеродные волкна. – Москва: Изд-во Мир, 1987–304 с.

## ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТАЛЛОКЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Платонов Александр Евгеньевич, студент кафедры ССМ, e-mail:sach200107@mail.ru  
Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Проанализированы свойства электротехнических металлокерамических материалов. Приведен метод использования порошковой металлургии. Получены выводы об эффективности использования высокотемпературного обжига керамических масс с целью получения новых материалов, обладающих кристаллической и стеклянкой структурой.*

**Ключевые слова:** электротехника, металлокерамика, порошковая металлургия, полупроводники, термостойкость, прочность, электроизоляционные свойства.

Развитие науки под названием электротехника берет свое начало в 19 веке. С того времени по сегодняшний день произведено немало открытий и достигнут огромный прогресс в данной области.

Один из ключевых периодов является 20 век, связанный с применением новых материалов, одним из которых является металлокерамика. Сплав двух материалов достигается благодаря высокотемпературному обжигу смеси прессованных порошков тугоплавких металлов. Экономическое преимущество данного метода заключается в сокращении или полном удалении механической обработки. Также металлокерамика отличается способом изготовления сложной конфигурации и широким интервалом спекания.

Благодаря своей структуре металлокерамические материалы характеризуются такими свойствами как высокая термостойкость, механическая прочность, износостойкость, устойчивость к коррозии [2]. В зависимости от применяемого металла, металлокерамические материалы могут быть как диэлектриками, так и иметь высокую электропроводимость [3].

Данные свойства позволили новым материалам найти себе применение в электронике, изготовление транзисторов, кристаллов процессора, запоминающих устройств, изготовление контактов реле, аппаратуры управления, преобразователей напряжения, различных деталей в аппаратостроении. На рисунке 1 представлен процесс спекания керамики и металла.

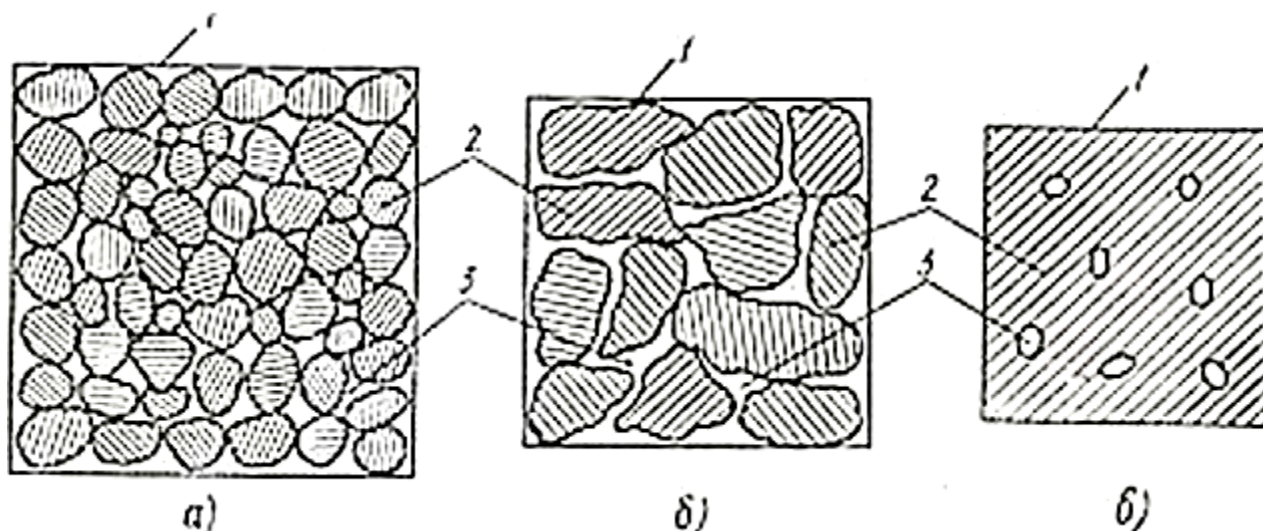


Рисунок 1 – Процесс спекания керамики и металла, где

а) – Начальная стадия; б) – промежуточная стадия; в) – конечная стадия;

1 – границы спекающегося тела; 2 – твердая фаза; 3 – поры;

Из рисунка видно, что в процессе спекания, атомы в материалах диффундируют через границы частиц, сплавливая их между собой и образуя единую целую массу. Так как температура спекания не должна превышать температуру плавления, в процессе часто используются такие металлы как вольфрам и молибден. Ценные свойства металлокерамики достигаются благодаря уменьшению пористости [4]. В процессе обжига при возникновении начала диф-

фузии происходит удаление порошка на разных стадиях, с последующим окончательным удалением мелких пор в конце процесса. Так как зернограничная и объемная диффузия значительно зависят от температуры, необходимо строго контролировать ее изменение [1].

Преимущественно, в полученном материале, занимает место керамическая фаза, содержание которой варьируется в широких пределах от 15 до 85% по объему.

Таким образом, мы установили, что определяющие свойства металлокерамических материалов зависят от используемого металла и широкого спектра используемой температуры. Применение связующих, а также высокое давление в процессе спекания позволяют скомбинировать металл и керамику, которые не диффузируют при обычном плавлении. Благодаря широкому пределу возможности задаваемых свойств металлокерамика является незаменимым материалом в различных технических отраслях электроники и электротехники, а также приборостроении.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Leg.co.ua [Электронный ресурс]: [официальный сайт] Copyright 2008-2022. URL <https://leg.co.ua/knigi/oborudovanie/tehnologiya-i-oborudovanie-proizvodstva-elektricheskoy-apparatury-15.html>

2. Lfimal.com [Электронный ресурс]: URL <https://lfimal.com/ehlektrotekhnicheskie-metallokeramicheskie-materialy/>

3. Bstudy.net [Электронный ресурс]: [официальный сайт] 2017-2022. URL [https://bstudy.net/660545/tehnika/metallokeramicheskie\\_materialy](https://bstudy.net/660545/tehnika/metallokeramicheskie_materialy)

4. otherreferats.allbest.ru [Электронный ресурс]: [официальный сайт] 2000-2021, ООО «Олбест». URL [https://otherreferats.allbest.ru/manufacture/00013829\\_0.html](https://otherreferats.allbest.ru/manufacture/00013829_0.html)

#### ТЕХНИЧЕСКАЯ КЕРАМИКА: ВИДЫ, СВОЙСТВА И ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

Полянский Егор Дмитриевич, бакалавр кафедры ССМ, e-mail: a69a60@mail.ru  
Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна к.т.н., доцент, e-mail: gea62@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Техническая керамика - собирательное название для изделий, характеризующихся повышенной твердостью, жаро- и износостойкостью. Эта керамика производится под наблюдением высококвалифицированных и опытных ученых. Для производства самых разных керамических изделий применяется множество различных методов обработки. Керамика, изготовленная с помощью вышеуказанных процессов, называется технической керамикой. Их коррозионная стойкость и термическая стабильность делают их идеальным выбором для промышленности по всему миру [1].*

**Ключевые слова:** виды технической керамики, физические свойства, преимущества технической керамики, применение технической керамики.

Виды технической керамики:

1. Алюминиевая керамика. Алюминиевая керамика является наиболее широко используемой керамикой из-за ее превосходных изоляционных свойств и высокой стойкости к износу и коррозии. Они используются в различных приложениях, таких как электроника, автомобильные датчики и компоненты насосов.

Для производства алюминиевой керамики используются различные технологии производства, такие как изостатическое прессование и одноосное прессование. Их отделка достигается за счет лазерной обработки, прецизионной шлифовки и многого другого.

Физические свойства алюминиевой керамики: а) высокая электрическая изоляция; б) отличная износостойкость и коррозионная стойкость; в) высокая механическая прочность.

2. Циркониевая керамика. Циркониевая керамика трансформирует свою моноклинную кристаллическую структуру (при комнатной температуре) в тетрагональную (при повышенной температуре). Преобразование приводит к напряжениям, которые отрицательно влияют на прочность материала. Однако для стабилизации керамики из чистого диоксида циркония



добавляются различные материалы. Наиболее часто используемым стабилизатором циркония является оксид иттрия, но также используются оксиды магния и кальция.

Оксид циркония обычно используется и обладает преобладающими высокотемпературными свойствами. При соединении со смесями иттрия прочность и вязкость разрушения могут быть существенно увеличены, что делает его пригодным для конструирования деталей.

Цирконий, стабилизированный оксидом иттрия, обычно называют цирконием, стабилизированным оксидом иттрия. Керамика YSZ обладает превосходной прочностью и высокой вязкостью разрушения. Все это делает ее пригодной для изготовления тепловых барьеров в турбинах и реактивных двигателях.

Физические свойства циркониевой керамики: а) отличная прочность и высокая вязкость разрушения; б) высокая устойчивость к коррозии; в) хорошая устойчивость к износу и истиранию; г) хорошая прочность на растяжение; д) низкая теплопроводность.

3. Кордиеритовая керамика. Низкое тепловое расширение и огнеупорные свойства кордиерита делают его одним из наиболее часто используемых амортизирующих керамических материалов. Идеальный состав для изготовления этой керамики: 13,8 % MgO, 51,4 % SiO<sub>2</sub> и 34,8 % Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Он может иметь различную геометрию с использованием различных производственных процессов, таких как литье под давлением, изостатическое прессование и многое другое.

Физические свойства кордиеритовой керамики:

- а) низкое тепловое расширение и теплопроводность;
- б) высокая диэлектрическая прочность и ударопрочность;
- в) низкое линейное расширение;
- г) пористая структура материала.

4. Стеатитовая керамика. Стеатитовая керамика является широко используемым изоляционным материалом в электрических компонентах. Другими замечательными свойствами стеатитовой керамики являются превосходная механическая прочность, низкий коэффициент рассеяния и хорошее электрическое сопротивление. Стеатитовая керамика используется в аэрокосмической и автомобильной промышленности. Кроме того, существует еще один класс инженерной керамики, называемой обрабатываемой стеклокерамикой, которая обладает высокоэффективными керамическими свойствами и обрабатываемостью металла.

Преимущества технической керамики.

1. Высокая твердость. Техническая керамика известна своей высокой твердостью. Некоторые из них даже в четыре раза тверже нержавеющей стали. Все это делает их долговечными, что придает им более высокую переносимость.

2. Высокая прочность. Многие из них обладают чрезвычайной прочностью на сжатие. Они выдерживают нагрузку до 4000 МПа. Если вы сравните его с титаном, который, как известно, имеет самую высокую прочность на сжатие (1000 МПа), вы поймете, насколько они прочны.

3. Низкая плотность. Они легче большинства прочных материалов, таких как титан и нержавеющая сталь. Низкая плотность просто означает, что они имеют малый вес, что означает, что их можно использовать в различных промышленных приложениях.

4. Высокотемпературная способность. Они выдерживают температуру более 1750 °C. Все это позволяет использовать техническую керамику в сверхвысокотемпературных устройствах, таких как турбины и двигатели.

5. Теплопроводность и изоляция. Некоторые типы инженерной керамики обладают теплопроводностью и используются в теплообменных аппаратах, в то время как другие используются в качестве идеальных теплоизоляторов.

6. Коррозионная стойкость и износостойкость. Большая часть технической керамики химически стабильна и выдерживает высокие температуры без изменения электрических и механических свойств. Вот почему они используются в высокотемпературных приложениях, таких как реактивные двигатели, тормозные системы и т.д.

Техническая керамика регулярно используется в производстве полупроводников, которые мы находим в предметах, которые мы используем каждый день, от сотовых телефонов и телевизоров до стиральных машин. Благодаря своим свойствам керамика становится все более популярной во многих отраслях промышленности. Среди прочего это включает в себя проектирование механических и химических установок, электротехнику и электрическое тепло. По сравнению с металлами и пластмассами производство керамики является твердым, негорючим и инертным. Таким образом, они могут быть использованы в высокотемпературных, разрушающих и трибологических применениях. Эти области применения зависят от сочетания свойств, которые являются новыми для промышленной керамики.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. <http://keram-tigel.ru/>

## ВЛИЯНИЕ ПРОЦЕССА БОРОСИЛИЦИРОВАНИЯ НА МИКРОТВЕРДОСТЬ ДИФфуЗИОННОГО ПОКРЫТИЯ НА СТАЛИ 30ХГСА

Сентябов Иван Владимирович, бакалавр кафедры «Физика», e-mail: ru.0908@mail.ru  
Научный руководитель - Черных Евгения Владимировна, к.ф.-м.н., доцент, e-mail: jane\_5@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Представлен металлографический анализ диффузионных покрытий на легированной стали 30ХГСА, полученных одновременным насыщением бором, хромом, титаном и кремнием. Проведена оценка влияния химико-термической обработки на повышение микротвердости стали с полученными термодиффузионными боросилицированными слоями. Результаты расчета прогнозной микротвердости показали, что на поверхности стали без закалки твердость диффузионного слоя составила 182 HV<sub>0,1</sub>, а с закалкой значение микротвердости увеличилось в 2,7 раза.*

***Ключевые слова:** боросилицирование, химико-термическая обработка, диффузионный слой, упрочнение, сталь, износостойкость, микротвердость.*

### Введение

В процессе жизненного цикла деталей и инструментов наибольшим воздействием, как правило, подвергаются их поверхности, которые отвечают за эксплуатационные свойства. Повышения качества всего объема сталей, из которых они изготовлены, является технологически сложным и дорогим процессом. Поэтому нахождение и разработка способов, позволяющих увеличить эксплуатационные характеристики сталей, является важной задачей современного материаловедения.

Существует несколько способов укрепить поверхность: поверхностная закалка, пластическое деформирование, химико-термическая обработка и различные способы нанесения покрытий. Для обработки деталей из сталей и железных сплавов часто используют химико-термическую обработку (ХТО). Поверхностные слои, прошедшие через ХТО существенно, отличаются по своей структуре от более глубоких слоев материала и имеют лучшие свойства [1]. При ХТО наиболее часто материал, насыщают бором (борирование), кремнием (силицирование) образованные ими диффузные слои значительно повышают износостойкость, теплостойкость и коррозионную стойкость, но также это повышает хрупкость, что негативно сказывается на эксплуатационных свойствах [2].

Для увеличения эксплуатационных характеристик возможно одновременное насыщение поверхности совместно несколькими веществами. Чаще всего, как дополнительные элементы, для совместного насыщения с бором выбирают хром, титан, золото, алюминий.

Целью данной работы является исследование влияния процесса боросилицирования на микротвердость диффузионного покрытия на стали 30ХГСА.

Сталь 30ХГСА представляет собой среднелегированную высокоуглеродистую конструкционную сталь, которая относится к высококачественным сплавам для ответственных

конструкций и деталей [3]. Она всегда востребована, например, в нефтегазовой промышленности для изготовления бурильных труб. Недостатком стали является коррозионная подверженность. Ее нельзя использовать в условиях повышенной влажности или прямого контакта с водой. Высокое напряжение и износ поверхности под влиянием коррозии и абразивного износа приводит к разрушению бурильного оборудования. Принимая во внимание то, что современные высокопрочные бурильные трубы имеют высокую стоимость, потери компаний от отбраковки могут составлять десятки миллионов рублей. Одним из путей решения указанной проблемы является нанесение на трубные изделия защитные термодиффузионные покрытия, имеющие высокие показателями твердости и износостойкости. Такой способ упрочнения поверхностей позволит уменьшить потери на трение при наличии агрессивных растворов солей, повысить экономическую эффективность использования труб и обеспечить безопасность нефтегазового производства.

В связи с этим исследование процесса термодиффузионного боросилицирования сталей весьма актуально в современных условиях.

### Методика и материалы

В настоящей работе проведен анализ микроструктуры и сравнение микротвердости диффузионного покрытия, прошедшего термообработку и охлажденного на воздухе, образованного при совместном насыщении бором, хромом, титаном и кремнием образцов из стали 30ХГСА.

Насыщение проводилось на образцах из стали 30ХГСА диаметром 25 мм с высотой 40 мм с использованием разведенной в воде обмазки с составом: 45 масс. %  $V_4C$ +15 масс. %  $TiB_2$ +25 масс. %  $CrB_2$ +10 масс. %  $SiC$  +5 масс. %  $NH_4Cl$ . Слой обмазки составлял 5 мм с просушкой на воздухе после нанесения на протяжении 24 часов.

Для насыщения использовалась предварительно нагретая до 950 °С печь типа СНОЛ, оснащенной ПИД-регулятором «Термодат 16-Е3». Образцы выдерживались в печи на протяжении 2,5 часов. Часть образцов после выдержки охлаждали на воздухе, другая часть подвергалась закалке с температуры насыщения с последующим низким отпуском при температуре 200 °С в течении 2 ч. Остывшие образцы отмывали от остатков обмазки, с последующей промывкой в кипящем мыльно-содовом растворе.

Для последующего металлографического анализа из образцов на прецизионном отрезном станке «Microcut-201» изготавливались темплеты, которые запрессовывали в бакелитовый компаунд при помощи металлографического пресса «MetaPress». Шлифовка и полировка производилась на автоматическом шлифовально-полировальном станке «DigiPrep-P».

Металлографический анализ осуществлялся на металлографическом микроскопе «CarlZeissAxioObserverZ1m» с программным комплексом «ThixoMetPRO» по методикам [4, 5].

### Результаты и обсуждение

Микроструктура полученных диффузионных слоев представлена на рис.1 и рис.2.

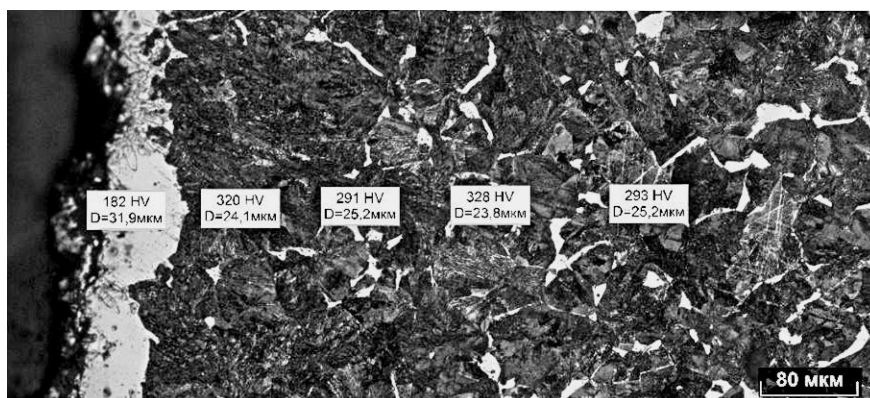


Рисунок 1 – Микроструктура диффузионного боросилицированного покрытия с отметками значений микротвердости по сечению диффузионного покрытия на образце стали 30ХГСА, охлажденного на воздухе

Графики распределения микротвердости по сечению боросилицированного диффузионного слоя приведены на рисунке 3. Значение микротвердости полученной поверхности без дополнительной закалки и отпуска составляет 182 HV<sub>0,1</sub>, основного материала – 320 HV<sub>0,1</sub>, с термообработкой – 479 HV<sub>0,1</sub> и 727 HV<sub>0,1</sub>.

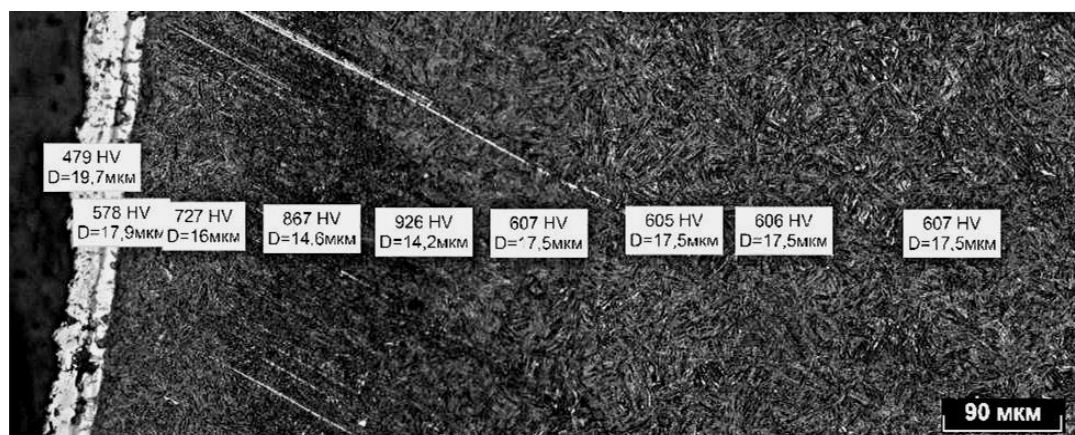


Рисунок 2 – Микроструктура диффузионного боросилицированного покрытия с отметками значений микротвердости по сечению диффузионного покрытия на образце стали 30ХГСА после закалки и отпуска

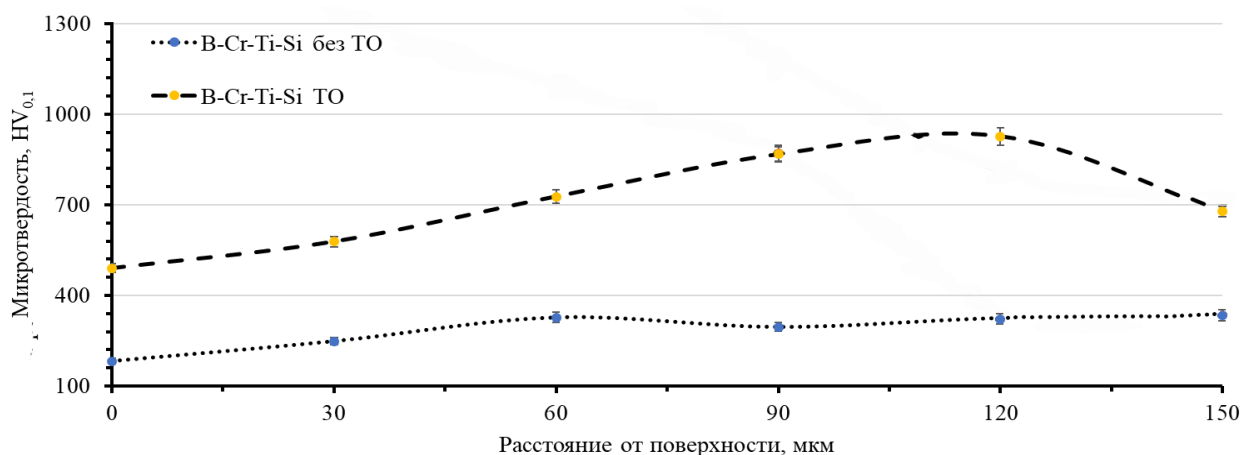


Рисунок 3 – Распределение микротвердости диффузионного покрытия на стали 30ХГСА

### Заключение

Проведенное исследование показало, что при одновременном насыщении бором, хромом, титаном, кремнием поверхности стали 30ХГСА на ней образуется диффузионный слой, который существенно повышает микротвердость. Осуществление закалки и отпуска существенно повышает микротвердость поверхности с 182 HV<sub>0,1</sub> для образца, охлажденного на воздухе до 479 HV<sub>0,1</sub> для образца, подвергнутого закалке и отпуску.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ляхович Л.С., Ворошнин Л.Г., Панич Г.Г., Щербаков Э.Д. Многокомпонентные диффузионные покрытия. Минск: Наука и техника, 1974. 288 с.
2. Крукович М.Г., Прусаков Б.А., Сизов И.Г. Пластичность борированных слоев. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 384 с.
3. Все о стали 30ХГСА – состав, характеристики, сфера применения, достоинства и недостатки [Электронный ресурс] / Официальный сайт <https://areal-metal.ru/spravka/stal-30hgca>

30hgsa.

4. Иванов С.Г., Гурьев А.М., Русакова А.В., Гурьев М.А., Старостенков М.Д. Микроструктура поверхности многокомпонентных диффузионных покрытий на основе бора // *Фундаментальные проблемы современного материаловедения*. 2013. Т. 10, № 1. С. 130–133.

5. Guriev A.M., Mei S.Q., Guriev M.A., Chernykh E.V., Ivanov S.G. Investigation of the microstructure of diffusion coatings of carbon steel obtained by simultaneous diffusion saturation with boron, chromium and titanium // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2019. P. 012077.

## ИЗНОСОСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНОГО СВЯЗУЮЩЕГО И ДИСПЕРСНОГО НАПОЛНИТЕЛЯ

Серик Владислав Олегович, студент кафедры ССМ, e-mail:serikvo@bk.ru

Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Сельское хозяйство развивается уже с давних времен, а композитные получили новый виток только в начале прошлого столетия. И эти материалы могут быть использованы в качестве защиты от различных воздействий на металлические изделия.*

**Ключевые слова:** полимеры, оксидные связующие, дисперсный наполнитель, карбид кремния зеленый, износостойкость, твердость.

Суть данной статьи будет заключаться в обзоре защитного покрытия на основе полимерного связующего и введенным в него дисперсным наполнителем. Защитные покрытия помогают предохранять наше используемые изделия от разных механических воздействий, ну и также позволяют противостоять окислительным процессам. При создании изделия всегда стоит задумываться об условиях, в которых оно будет не только работать, но и храниться. Потому что даже при хранении на складе, либо на открытом воздухе на это изделие будет оказывать влияние разные агрессивные среды - воздух, влажность, грязь и тому подобное. И для того, чтобы продлить срок эксплуатации нашего изделия стоит задумываться об его защите от данных факторов. Антикоррозионная практика подразумевает применение специальных защитных покрытий как средство изоляции металла от воздействия агрессивных жидкостей. Покрытия подразделяются на металлические и неметаллические.

Более подробно необходимо затронуть тему неметаллических защитных покрытий. Такие покрытия делятся на органические и неорганические. Они образуют на обработанных поверхностях тонкую пленку, которая не взаимодействует с агрессивными веществами, защищающую детали от негативного воздействия окружающей среды. Наиболее распространенные полимеры, используемые для защиты металлов от коррозионного воздействия, включают полиэтилен, полипропилен, полиизобутилен, полистирол, фторопласты, оксидные смолы. Полимерное покрытие наносится окунанием, термическим напылением или вихревым напылением обычной кистью. При отверждении сплошная защитная пленка толщиной несколько миллиметров образуется на поверхности сплошную. Твердые антифрикционные смазочные покрытия представляют собой разновидность полимеров. Свойства покрытий на основе реактопласта, как и в случае с другими оболочками, определяются типом и составом полимера, пластификатора, наполнителя, отвердителя и физико-химическим воздействием между ними.

Для производства защитных покрытий используются термопластичные полимеры и их составы, а также различные термореактивные пластики на основе синтетических смол (олигомеров). Технологические свойства термопластов и реактопластов их связь с нагревом определяют методы и области применения на защищаемой поверхности. Для толстых покрытий основными методами защиты химического оборудования являются внешний вид и

укладка панелей, распыление пыли, покрытие водной суспензией с последующей сушкой и термической обработкой для спекания полимеров. Состав термостойких пластмасс с катализаторами, инициаторами и отвердителями наносят на защищаемую поверхность в виде суспензий, паст и мастик, слоистых покрытий (высокодисперсные составы, например, фаолита). Затем покрытие материала отверждается по оптимальному температурно-временному режиму.

В данной работе была использована эпоксидная смола ЭД-20, являющаяся самой популярной из семейства эпоксидных смол. Она выступает универсальным средством, подходящим как для промышленного, так и для бытового использования.

Таблица 1 – Технические характеристики эпоксидного связующего [1]

Связующее	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности при растяжении, МПа	Модуль упругости при растяжении, ГПа	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	Температурный коэффициент линейного термического расширения, К <sup>-1</sup>
ЭД-20	1200–1300	58–87	1,8–4,9	2–9,5	0,000048–0,000080

Смола разводится с помощью отвердителей. Когда необходимо получить материал пониженной жесткости, то в приготавливаемый состав дополнительно вводят пластифицирующие компоненты. И в качестве отвердителя был выбран – полиэтиленполиамин. Данный отвердитель не требует дополнительных манипуляций со связующим и сразу вступает в реакцию. Однако при связи со связующим появляется лимитирующий показатель – времени переход в гелеобразное состояние, и оно составляет 60 минут. В течение данного периода нужно успеть провести все работы с нашим полимером. Отверждение протекает холодным методом без посторонних воздействий.

Таблица 2 – Технические характеристики отвердителя ПЭПА [2]

Отвердитель	Плотность, кг/м <sup>3</sup> при 20 °С	Динамическая вязкость, МПа·С при 20 °С	Время желатинизации при 20 °С	Массовая доля в связующем, %	Молекулярная масса, г/моль
ПЭПА	1017	58-87	40-60	10	230-250

Если нарушить пропорции, качественные характеристики смеси снизятся, как и срок эксплуатации готового компаунда. Верное разведение позволит получить качественный терморезистивный состав.

В качестве наполнителя в моей системе использовал – карбид кремния зеленый. Карбид кремния является высоко инертным химическим веществом и практически не взаимодействует с большинством кислот, за исключением концентрированного фтористого водорода. Обладает высокой твердостью и сопротивлением к износу.

Таблица 3 - Физические характеристики наполнителя [3]

Наполнитель	Плотность истинная, г/см <sup>3</sup>	Размер зерна/зернистость/ фракция, мкм	Твердость по Моосу, баллы	Температура плавления, °С	Коэффициент линейного расширения, мм/°С
Карбид кремния зеленый	3,21	13	9,5	2730	4,6 · 10 <sup>-6</sup>

Исходя из анализа данных, были подобраны рецептуры для испытания защитного полимерного покрытия с дисперсным наполнителем. Рецептуры 1–4: 1 – минимальное наполнение, 2 – промежуточное усредненное между 1 и 3, 3 – максимальное наполнение, 4 – без наполнителя.

Таблица 4 – Рецептуры для изготовления покрытия

Компонент	Компонентный состав			
	1	2	3	4
ЭД-20, г	100	100	100	100
ПЭПА, г	10	10	10	10
Карбид кремния зеленый, г	87,2	97	112,12	0

После изготовления образцов были проведены опыты по испытанию на твердость согласно ГОСТ 4670-2015 «Пластмассы. Метод вдавливания шарика», а также были проведены опыты на истираемость согласно ГОСТ 11012-2017 «Пластмассы. Метод испытания на абразивный износ». Были получены результаты испытаний:

Таблица 5 – Результаты испытаний на твердость и истираемость

Материал	Компонентный состав, №	Значение показателя твердости, НВ	Значение показателей истираемости, г/см <sup>2</sup>
ЭД-20+ПЭПА+Карбид кремния зеленый	1	23,3	0,118
	2	26,4	0,105
	3	31,8	0,098
ЭД-20+ПЭПА	4	16,6	0,191

В ходе проведенных испытаний можно сделать вывод о том, что наполнитель выполняет главную роль в защитном покрытии, если сравнить материал без наполнителя и с максимальной долей наполнителя, то твердость готового покрытия увеличивается на 91,5%, а при испытании на износ – истираемость уменьшилась на 48,7%.

Такое износостойкое покрытие способно обеспечить защиту изделия от износа, а также от воздействия на него агрессивных сред. По мимо всего этого такое покрытие обладает очевидным плюсом в технологическом плане, так как при износе покрытия, деталь можно будет зачистить и повторно нанести покрытие, а в случае эксплуатации без покрытий – изделие будет изнашиваться на нем будут следы воздействия коррозий и для того, чтобы его восстановить придется использовать, довольно, трудоемкий технологический процесс. Но вместе с этим у готового изделия наблюдается весомый минус – это общая масса изделия будет увеличиваться.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Защитные покрытия: учеб. пособие / М. Л. Лобанов, Н. И. Кардолина, Н. Г. Россина, А. С. Юровских. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 200 с. ISBN 978-5-7996-1101-9
2. ГОСТ 25523-82. Отвердители ангидридные для эпоксидных смол. Методы определения общего кислотного числа, кислотного числа кислоты и их соотношения: дата введения 1984-01-01/ Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2004. – 6 с.
3. ГОСТ 10587-84. Смолы эпоксидно-диановые неотвержденные. Технические условия: дата введения 1985-01-01/ Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 1989. – 18 с.
4. ГОСТ 4670-2015 Пластмассы. Определение твердости. Метод вдавливания шарика: дата введения 2017-01-01/ Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 7 с.
5. ГОСТ 11012-2017 Пластмассы. Метод испытания на абразивный износ.: дата введения 2018-01-07/ Федеральное агентство по техническому регулированию. – Изд. официальное. – Москва: Стандартинформ, 2017. – 18 с.

## СТЕКЛО – ТРАДИЦИОННЫЙ И ПЕРСПЕКТИВНЫЙ МАТЕРИАЛ

Сибиряков Михаил Сергеевич, студент кафедры ССМ, e-mail:mishailrussian@gmail.com

Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Показаны возможности применения и совершенствования стекла смартфонов с использованием особого способа отливки стёкол и закалки путём ионного обмена и внедрением зародышей ионов металла, которые провоцируют внутри них рост кристаллов толщиной, менее длинны волны светового пучка. Использование V-образных желобов при отливке стекла и его отличие от классических длинных горизонтальных конвейеров. История начала глобальной компании производства стекла. Замена ионов калия на ионы натрия, которые в 2,25 крупнее первого, тем самым образуя область повышенного давления.*

**Ключевые слова:** gorilla glass, ceramic shield, ионный обмен, corning, gorilla glass victus.

Стёкла GorillaGlass и CeramicShield являются лидерами в области производства защитного стекла для смартфонов производимые компанией Corning. Компания было основана ещё в 19-м веке, а первый продукт появился в 1879 году, это было стекла для лампы накаливания Томаса Эдисона. За термостойкую стеклянную посуду, кинескопы и оптоволокно также были разработаны компанией Corning. Компания ещё в 60-х годах разработали технологию химического обмена, позволяющую создавать сверхпрочное стекло которую внутри называли Gorilla, но запатентовали название Chemcor. Стаканы из такого стекла не разбивались при броске с 9-ого этажа, компания продавала его для производства частей для телефонных будок, очков, тюремных будок, им даже оснастили несколько автомобилей Javelin.

К сожалению, технология не была очень популярной, продажи стекла были редкими, и проект закрылся в 1971 году, но благодаря Стиву Джобсу и Джонни Айву технология получила второй шанс. Он любил использовать необычные материалы для своей техники. По их опыту, экран первого iPhone должен был быть из прочного пластика, но после использования тестовой модели Apple заметила ужасную царапину на экране и решила сделать экран стеклом. Но была проблема. Оно не должно было царапать стекло и быть не толще 1,3 мм. На самом деле в то время такого материала в природе не было. Именно тогда Стив Джобс связался с Corning, и в феврале 2007 года они получили инвестиции и заказ на новые очки. Очки были готовы в мае, а iPhone уже в июне появился на рынке. Этот прорыв привлек внимание других производителей, заставив их использовать ту же технологию и поощряя других производителей стекла создавать аналогичные материалы [1, 2].

GorillaGlass от обычного стекла отличают 3 вещи:

1. состав;
2. производство;
3. ионный обмен.

Традиционный состав стекла состоит из песка, т.е. кварца, т.е. двуокиси кремния, натрия или карбоната натрия, и известняка, т.е. карбоната кальция. Этот рецепт известен еще со времен Древнего Египта, но он не единственный. Corning использует более 50 элементов периодической таблицы для создания различных типов стекла, добавляя или удаляя различные элементы по мере необходимости.

Производство стекла обычно представляет собой длинный горизонтальный конвейер, сырьё плавится в котле, стекло движется по ленте, затем охлаждается и режется. Corning пошла в противоположном направлении и ввела в технологию гравитацию. Этот производственный процесс называется Corning Fusion. Порошкообразное сырьё также засыпается в котел и плавится при температуре 1000 С. Затем в V-образный желоб заливается цельный кусок расплавленного стекла заданной консистенции, заполняется и затем начинает течь по краям и соединяется с торцами. желоба. Далее разрезаем стекло прямо на пластину размером примерно 3×3 метра с грузом и складываем. Поскольку стекло не соприкасается с какой-либо стороной во время производства, оно идеально однородно, и этот процесс делает стекло очень тонким, всего 0,1 мм. Но производство на этом не останавливается.



Даже после получения идеально однородного и прозрачного стекла это все еще нормальное хрупкое стекло. Идет процесс закалки стекла, так что оно буквально варится. Ключевые шаги начинаются после того, как банку помещают в ванну, нагретую до 400 °С и наполненную солевым раствором, богатым ионами калия. Внутренняя часть стекла заполнена ионами натрия, но при такой высокой температуре ионные связи на поверхности стекла разрываются и происходит так называемый ионный обмен. Ионы калия заменены ионами натрия. Это необходимо, поскольку ионы калия в 2,25 раза больше ионов натрия. Обмен ионами калия создает на поверхности стекла плотную область высокого давления. Именно этот процесс делает стекло Gorilla Glass намного более прочным (рисунок 1).



Рисунок 1 – Ионный обмен [5]

Несмотря на все вышеперечисленные техпроцессы, стекло все же очень хрупкое и является недостатком современной моды. С каждым поколением производители требуют, чтобы стекло становилось тоньше, чтобы оно становилось тоньше и изображение появлялось на поверхности экрана. Если на первом смартфоне толщина стекла составляла около 1 мм, то теперь она уменьшилась до 0,45 мм. При этом официальный представитель Corning Дэйв Янг недавно заявил: «Если производитель согласится увеличить толщину стекла до 1 мм, разбить экран будет практически невозможно. Кроме того, со временем стали появляться изогнутые стекла, по краям вверх, что сделало его гораздо более хрупким [3, 4].

Сегодня перед производителями стоят непростые задачи. Фактически, представляя линзы нового поколения, производители должны выбирать свойства, которые улучшаются, будь то устойчивость к царапинам или ударопрочность. Невозможно улучшить оба одновременно. Начиная с третьего поколения, Corning сосредоточилась только на функциях, которые делают его более устойчивым к падениям, поэтому новые модели смартфонов стали страдать еще больше. Даже в официальных тестах Corning устойчивость к царапинам не улучшилась с 3-го по 6-е поколение, а у Gorilla Glass 6 даже немного больше царапин, чем у Gorilla Glass 5 (таблица 1) [4].

Таблица 1 – Поколения Gorilla Glass [4]

Поколение	Прозрачность	Твердость по Виккерсу, кгс/мм <sup>2</sup>	Стойкость к сжатию	Стойкость к разрушению	Толщина
Gorilla Glass 1	~ 93%	701	800 МПа, 100 мкм	0,7	0,7–2 мм
Gorilla Glass 2	> 92%	649	950 МПа, 50 мкм	0,68	0,5–2 мм
Gorilla Glass 3	> 92,6%	649	950 МПа, 50 мкм	0,66	0,4–2 мм
Gorilla Glass 4	> 92,5%	596	850 МПа, 50 мкм	0,67	0,4–1 мм
Gorilla Glass 5	≥ 90,5%	638	850 МПа, 75 мкм	0,69	0,4–1,33 мм
Gorilla Glass 6	90,5%	678	900 МПа, 80 мкм	0,7	0,4–1,2 мм

Но с годами все резко изменилось. Впервые компания Corning смогла произвести стекло со значительно улучшенными характеристиками и устойчивостью к падениям и царапинам. Это стекло называется Gorilla Glass Victus. Это увеличило сопротивление падению с 1,6 метра до 2 метров и удвоило устойчивость к царапинам по сравнению с Gorilla Glass 6. По словам Corning, производственный процесс остался прежним, но конфигурация изменилась, но конфигурация осталась коммерческой тайной. Также недавно по заказу Apple компания Corning изготовила еще одно невероятное керамическое экранированное стекло. Тесты показали, что это более устойчиво. Кроме того, керамический щит – это не чистое стекло, а реальная стеклокерамика. Общепринятыми методами стеклокерамика создаётся методом так называемой контролируемой кристаллизации. После изготовления стекла во время закалки в стекло вводят зародыше образующий агент. Именно ионы металлов заставляют кристаллы расти в стекле. Это не инновационный процесс. Стеклокерамика уже используется в смартфонах, но только на задней крышке. Нововведением Apple стала возможность сделать эти очки прозрачными, получив размер кристалла меньше длины волны света [5].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Глебов Л.Б., Державин С.Н., Евстропьев С.К., Никоноров Н.В., Петровский Г.Т., Щавелев О.С. Влияние диффузионных напряжений на свойства ионообменных слоев на щелочноцирконосиликатных стеклах // Физика и химия стекла, 1991, т.17, №2, с.293-298
2. Физико-химические основы производства оптического стекла // Под ред. Л.И. Демкиной, «Химия», Ленинград, 1976, С.162-163.
3. Бурграаф А. Механическая прочность щелочно-алюмосиликатных стекол после ионного обмена // В кн.: Прочность стекла. Под ред. В.А. Степанова, М., Мир. 1969. С. 238-339.
4. Глебов Л.Б., Никоноров Н.В., Петровский Г.Т. О возникновении напряжений в стекле в процессе низкотемпературного ионного обмена // Физика и химия стекла, 1988, т.14, №6, С.904-906.
5. [Электронный ресурс]. <https://vnokia.net/article/wiki/6937-что-такое-ceramic-shield-i-na-skolko-eto-steklo-prochnee-ot-gorilla-glass>

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ГИДРОКСИДА АЛЮМИНИЯ В ЭПОКСИДНОМ СВЯЗУЮЩЕМ С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ ОГНЕСТОЙКИХ СВОЙСТВ

Смирнов Александр Викторович, студент кафедры ССМ, e-mail:ultrahardbasser1337@yandex.ru  
Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Обработаны данные, полученные в результате проведения экспериментальных практик. Получена функция интерполяции данных. Проанализированы экспериментальные данные, указывающие на связь между повышением концентрации гидроксида алюминия и ростом огнестойких свойств. Определена оптимальная концентрация исходя из имеющихся данных и интерполяционного полинома.*

**Ключевые слова:** огнестойкость, гидроксид алюминия, модификация свойств, терморезистивный пластик, антипирены, эпоксидное связующее.

### Введение

В настоящее время композиционные материалы получили широкое распространение во всех областях современной техники, что неудивительно, данный класс материалов обладает крайне высокими показателями удельных характеристик, в числе которых в первую очередь выделяется жесткость, прочность и прочие механические характеристики. Композиционный материал всегда имеет в своем составе связующее и наполнение, именно наполнение, чаще всего, отвечает за механические характеристики, в то время как связующем лежит ответственность за многие технологические, эксплуатационные и прочие характеристики, в число которых входит и термофизические свойства, таким образом, термофизические свойства матрицы определяют термофизические свойства всего композиционного материала. Несмотря на высокие механические показатели, исследования показывают [1], что материалы на основе эпоксидного связующего обладают высокими показателями горючести, что ставит композиционные материалы на основе данной смолы с высокими механическими показателями, в категорию непригодных для использования в сферах техники и технологии, продукт которых связан с непосредственным контактом человек-изделие. В действительности различные данные показывают скорость возгорания отвержденной эпоксидной смолы в диапазоне от 2 до 3 секунд, что достаточно быстро, такого количества времени не хватит для проведения действий по предотвращению интенсификации процесса горения, в случае возникновения пожароопасной ситуации. Таким образом, вопрос снижения горючести появился на повестке дня. С момента обнаружения данной проблемы прошло уже достаточно времени для проведения необходимых для анализа данных опытов и написано определенное количество работ, связанных с огнестойкими свойствами эпоксидной матрицы. В результате данных работ были выявлены способы увеличения огнестойких свойств эпоксидной матрицы, а как следствия и композиционных материалов на основе этого типа смолы. Наиболее высокие показатели улучшения огнестойких показателей демонстрируют различные наполнители, в число которых входит карбид кремния, свойство которого в эпоксидных композитах исследовала команда под руководством В.Ф. Каблова [2], гидроксида алюминия, хлорпарафина и борат цинка [3]. Как показано в работе Трусова [3] гидроксид алюминия во-первых способствует повышению целого комплекса свойств, связанных с пожарной безопасностью, а во-вторых способен улучшать прочностные свойства материала при определенных процентах наполнения, что также исследовалась в работе команды исследователей под руководством А.С. Мостового [4]. Однако в данных работах было показано, что с увеличением концентрации гидроксида алюминия пропорционально растет огнестойкость, что указывает на то, что для получения наилучших свойств необходимо добавить максимальное количество гидроксида алюминия, что не всегда технологически возможно. Часто в состав связующего необходимо добавить иные наполнители, или улучшить смачиваемость связующего (а повышение концентрации наполнителей ее снижает). Так возникла необходимость найти оптимальные показатели наполнения гидроксидом алюминия, после которых рост необходимых свойств

становится незначительным. В качестве оборудования были использованы сертифицированные источники пламени и высокоточные электронные измерители времени.

### Экспериментальная часть

Разработка составов осуществлялась на основе эпоксидной диановой смолы ЭД-20 (ГОСТ 10587-93), катализатором реакции отверждения был выбран аминный отвердитель ПЭПА (полиэтиленполиамин) (ТУ 6-02-594-85) в соотношении 10:1. Были получены образцы с различными концентрациями гидроксида алюминия в диапазоне от 0 до 30% в необходимом для статистической обработки количестве. В работе применяли методы исследования на определение класса горючести материала согласно государственным стандартам.

### Обработка, результаты и обсуждение

Путем воздействия прямого пламени на поверхность образца были проведены тесты огнестойкости полученных изделий, в результате которых все образцы были подвергнуты деструкции, что произвело следующие результаты:

Таблица 1 – Экспериментальные данные

Концентрация гидроксида алюминия, %	Время до возгорания, с
0	2,98
5	4,91
10	5,75
15	6,12
20	8,54
25	9,16
30	9,23

Из полученных данных прослеживается подтверждение прямой зависимости, продемонстрированной в работе Трусова [3]: при увеличении концентрации антипирена происходит закономерный рост времени до возгорания, однако также можно заметить, что после рубежа в 20% концентрации доля изменения роста времени до возгорания начинает падать, т.е. влияние каждого последующего процента добавленного гидроксида алюминия будет менее эффективна, чем предыдущего.

Для формализации закономерности проведем квадратичную регрессию:

$$\begin{cases} a \sum x_i^2 + b \sum x_i + nc = \sum y_i \\ a \sum x_i^3 + b \sum x_i^2 + c \sum x_i = \sum y_i x_i \\ a \sum x_i^4 + b \sum x_i^3 + c \sum x_i^2 = \sum y_i x_i^2 \end{cases} \quad (1)$$

При помощи регрессии были определены следующие коэффициенты:  $a = -0.009$ ,  $b = 0.5072$ ,  $c = 1.7703$ . При помощи полученных коэффициентов определяется характеризующий зависимость полином, который можно обозначить как  $y(x)$ . Для определения точки экстремума необходимо решить следующее уравнение:

$$\frac{dy(x)}{dx} = 0 \quad (2)$$

Решением данного уравнения является корень  $x = 28.178$ .

Из вышеуказанного следует, что согласно полученным данным, проведенному анализу и математическим действиям наиболее оптимальной концентрацией является содержание наполнителя гидроксида алюминия 28.178 %. Коэффициент корреляции составил 0.875.

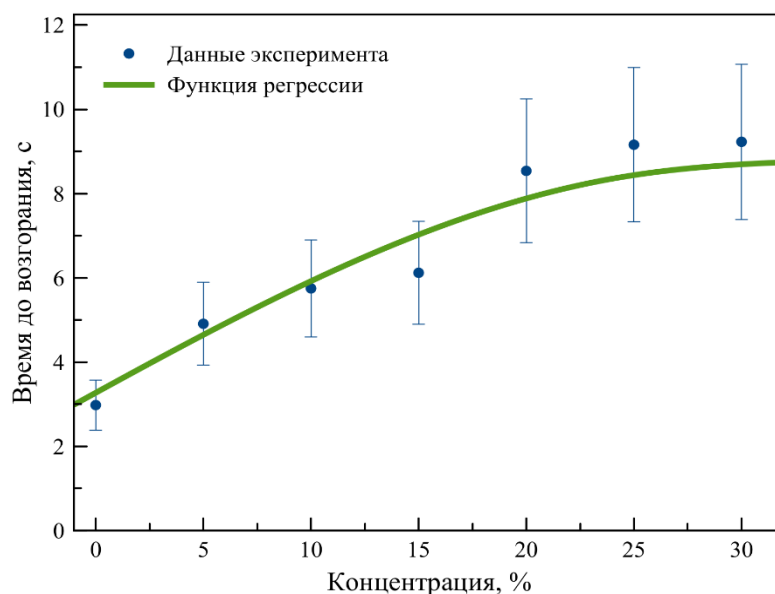


Рисунок 1 – График визуализации экспериментальных и расчетных данных

Из рисунка 1 видно, что со временем функция зависимости теряет интенсивность роста, это можно связать с тем, что пламя взаимодействует с поверхностью образца, а т.к. поверхность соприкосновения ограничена, то можно говорить о существовании степени насыщения наполнением поверхности, таким образом, с ростом концентрации увеличивается степень насыщения наполнителем, препятствующим возгоранию, а в дальнейшем интенсификации горения на поверхности изделия.

### Заключение

В результате проведенных исследований продемонстрирована возможность регулировать термофизические свойства эпоксидной матрицы путем введения в ее состав гидроксида алюминия. Проведенный анализ полученных данных позволил установить точку экстремума в имеющейся закономерности влияния, оказываемого гидроксидом алюминия. Данная точка является предполагаемой оптимальной точкой содержания гидроксида алюминия и требует экспериментальных подтверждений.

Композиты, разработанные при участии в составе матрицы гидроксида алюминия способны не только обладать повышенными удельными механическими характеристиками, но и понизить класс горючести: при добавлении 20% гидроксида алюминия рост огнестойкости составил 186,57%, а согласно расчетам при 28,178% рост огнестойкости составит 200,67%

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каблов В.Ф. Наполненные эпоксидные композиты с повышенной огнестойкостью. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2015. – 49 с.
2. Каблов В.Ф., Лифанов В.С., Логвинова М.Я., Кочетков В.Г. Огнестойкие эпоксидные композиты, наполненные карбидом кремния. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2013. – С.1-5.
3. Трусов Н.О. Исследование путей повышения огнестойкости эпоксидного клея, используемого при изготовлении конструктивных элементов кабины самолета. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2022. – С. 49-51.
4. Мостовой А.С., Таганова А.А., Прокопович К.В., Яковлева Е.В. Модификация эпоксидных полимеров нанодисперсным гидроксидом алюминия. – Саратов: Изд-во СГАУ, 2017. – 12, С. 21-27.

## ПОВЫШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ЛОНЖЕРОНА КРЫЛА ФРОНТОВОЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Ткаченко Валерий Владимирович, студент кафедры ССМ, e-mail:tkachenkorus489@gmail.com  
Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Проанализированы свойства термопластов и реактопластов, используемых при создании полимерных композиционных материалов. Приведен метод модификации реактопластов. Получены выводы об эффективности модификации реактопластов введением термопластов с целью повышения трещиностойкости композиционных лонжеронов крыла самолета.*

**Ключевые слова:** лонжерон, фронтальная авиационная техника, трещиностойкость, термопласты, реактопласты, модификация, пиннинг, диссипация энергии.

Скорость расширения сферы применения композиционных материалов растет с каждым годом, и это не удивительно, композиционные материалы способны давать удивительные сочетания свойств, которые не характерны для прочих классов материалов, благодаря чему они уже давно занимают важнейшие позиции при конструировании различного рода летательной и космической техники. В первую очередь композиционные материалы способны сочетать в себе одновременно высокую прочность и низкий удельный вес. Они уже давно используются в межконтинентальных баллистических ракетах, фронтальных истребителях, бомбардировщиках и прочих аппаратах затронутой отрасли, в которых масса конструкции играет решающую роль. Кроме высоких показателей прочности, важной особенностью композиционных материалов является возможность принимать сложные геометрические формы. Однако кроме создания новых агрегатов из композиционных материалов, существует возможность частичной или полной модификации уже существующих установок и узлов [1].

Так для достаточно длинных элементов крыла самолета, таких как лонжерон, изготовленных из композиционных материалов, в связи с возникновением постоянных знакопеременных изгибающих нагрузок от действия встречного потока воздуха, а также под действие собственного веса изделия, в матрице начинают образовываться небольшие трещины. Полученные дефекты, в процессе эксплуатации, увеличиваются и, распространившись по объему детали, приводят ее в негодность. Для повышения трещиностойкости полимерного композиционного материала, можно модифицировать связующее на основе реактопластичного полимера введением дисперсных частиц на основе термопластов [2].

В области модификации реактопластов ученые постоянно проводят исследования различных свойств созданных материалов, а также реакции при внедрении одного компонента в другой и изучают процесс отверждения. На сегодняшний день проведено множество работ касающихся данного направления, к их числу относятся исследования таких ученых как В.Г. Хозина, Ю.А. Горбаткиной, А.А. Кузнецова, М.Л. Кербера, И.Ю. Горбуновой, А.Я. Малкина и многие другие. В своих работах они детально рассмотрели термохимические и реокинетические свойства расплавов эпоксидных олигомеров [1].

В основном, для введения модификатора на основе термопластичного материала в реактопласт, производят при помощи метода растворения. Для этого необходимо термопласт, имеющий значительную температуру стеклования, привести в вязкотягучее состояние, образуя при этом раствор, то есть гомогенную систему. После введения модификатора, систему необходимо отвердить. В процессе перехода из вязкотягучего состояния, начинает формироваться гетерогенная система, которая в отличие от гомогенной обладает значительными диссипативными свойствами. Ей присущи прочностные характеристики, которыми не обладают полимеры по отдельности.

Так в своей публикации «Повышение ударо- и трещиностойкости эпоксидных реактопластов и композитов на их основе с помощью добавок термопластов как модификаторов, Высокомолекулярные соединения» группа ученых (М. В. Лобанов, А. И. Гуляев, А. Н. Бабин) выделили следующие этапы по которым происходит повышение прочностных характеристик композиционных материалов на основе эпоксидных связующих с добавлением тер-

мопластичных модификаторов. Первоначальным этапом является пиннинг, иными словами происходит закрепление трещин. Следом за пиннингом происходит перекрытие трещин, образование сдвиговых полос, образование микротрещин и завершается все пластической деформацией термопластичного модификатора.

Рассматривая кристаллизующиеся термопласты, происходит еще один этап – диссипация энергии, которая происходит непосредственно при фазовом переходе в термопласте. Благодаря диссипации энергии, которая возникает в связи с имеющимися частицами термопластичного материала, при образовании и последующем росте трещины, на границе раздела между 2 фаз, а именно между матрицей и наполнителем, происходит остановка распространения трещины при ее контакте с модификатором или искажение ее распространения, в связи, с чем повышается энергия разрушения и следовательно для дальнейшего разрушения потребуется большее количество разрушающей энергии, чем в не модифицированной частицами термопластичного модификатора матрице [3].

На рисунке 1 показано наполнение частицами термопласта в пластичной системе эпоксидного реактопласта, а также механизм повышение прочностных характеристик, а именно трещиностойкости в гетерогенной системы при возникновении трещины и последующим ее росте, за счет столкновения трещины с модификатором.

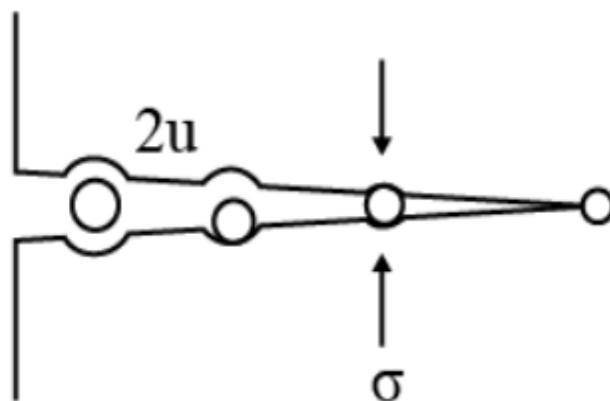


Рисунок 1 – Схема распространения трещины в модифицированном эпоксидном полимере, где  $\sigma$  – сжимающее напряжение;  $u$  – разрушающая энергия [4]

Из рисунка видно, что при достижении трещиной термопластичного модификатора, за счет возникающих сжимающих напряжений, трещина останавливается или при достаточной разрушающей энергии она изменяет свое направление. Продемонстрированная поверхность подвергнутая разрушающему воздействию дает представление того, что механизм разрушения модифицированной матрицы включает в себя отрыв частиц термопласта от эпоксидного полимера. Такая поверхность, которая имеет уступы, образуется по механизму отклонения трещины [3].

Однако введение различных термопластов в качестве модификационного наполнения в состав реактопластичного связующего в разной степени влияет на повышение трещиностойкости и ударной вязкости. При этом такого рода модификации не приводит к снижению прочностных характеристик композитов при испытаниях на сжимающие или растягивающие нагрузки.

Так на сегодняшний момент изучено влияние модификации эпоксидной матрицы в составе углепластика термопластом (полиэфиримидом). Так это совершенствование материала привело к двукратному увеличению трещиностойкости и 20 % повышению работы на изгиб. Термопласт повысив трещиностойкость и работу на изгиб эпоксидной матрицы, не оказал влияния на прочность при сдвиге.

При внедрении крупниц полифениленэфира в состав углепластика, пропитанного эпоксидным связующим с достаточно высоким содержанием инородных тел (модификаторов), можно достичь увеличения вязкости и трещиностойкости примерно в 4 раза.

Таким образом, можно установить, что в большинстве случаев введение модификаторов в виде мелких частиц термопласта размерами до 100 нм в состав полимерных композиционных материалов на основе эпоксидных связующих приводит к повышению трещиностойкости и при этом другие прочностные свойства не изменяются [3]. Из чего логично предположить, что вводя термопластичные частицы в реактопластичное связующее при создании композиционного лонжерона крыла авиационной фронтальной техники, улучшатся некоторые физико-механические свойства. Так, можно будет повысить срок службы детали крыла самолета воспринимающей на себя знакопеременные нагрузки, снизив распространение трещин по объему матрицы.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Dissercat [Электронный ресурс]: [официальный сайт] Лондон 2009–2021. URL: <https://www.dissercat.com/content/fazovye-ravnovesiya-i-vzaimodiffuziya-v-sistemakh-reaktoplasty-termoplasty> (дата обращения 29.03.2022).
2. Avia. Pro. [Электронный ресурс]: [официальный сайт] Москва 2010–2021. URL: <https://www.avia.pro/blog/lonzheron> (дата обращения 01.04.2022).
3. Сопоров Р.И. Связующие для композиционных материалов на основе эпоксидного олигомера, модифицированного смесями термопластов. – Москва: Изд-во РХТУ, 2016. – 5–132 с.
4. DocPlayer. [Электронный ресурс] : [официальный сайт] Фалькенштайн 2015–2021. URL: <https://docplayer.com/87092169-Svyazuuyushchie-dlya-kompozicionnyh-materialov-na-osnove-epoksidnogo-oligomera-modificirovannogo-smesyami-termoplastov.html> (дата обращения 04.04.2022).

#### РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ КЕРАМОКОМПОЗИТНЫХ ПРОТЕЗОВ

Фишер Александра Эдуардовна, бакалавр кафедры ССМ, e-mail:sashafisher00a@gmail.com  
Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail:gea62@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*При рассмотрении какого-либо изделия мы должны знать, что данное изделие прошло тщательное рассмотрение и разработку технологического процесса. Разработка технологического процесса является самым важным этапом при создании изделия, т.к. каждый материал имеет свои свойства и характеристики, которые прописаны в нормативных документах (ГОСТ). Малейшая ошибка в технологическом процессе может привести к полному разрушению изделия: порча структуры, разрыв взаимосвязи компонентов, неэстетичный внешний вид изделия. При разработке технологического процесса для зубных протезов также следует детальная проверка и разработка всех действий.*

**Ключевые слова:** технологический процесс, изделие, керамокомпозит, протезы, стоматология.

Протезирование является неотъемлемой частью в стоматологии. Протезы могут изготавливаться из различных материалов: пластмассы, металлы и их сплавы, фарфор, керамика и композиты и должны соответствовать требованиям, предъявляемым к изделию:

- высокие показатели механической прочности;
- прекрасные эстетические данные;
- экологичность и биологическая совместимость.

Керамокомпозит - материал нового поколения, который состоит из композиционных полимерных материалов и частиц керамики. Керамические или безметалловые коронки практически неотличимы от настоящих зубов. Протез состоит из металлического колпачка, который покрыт большим слоем керамики и композита (рисунок 1). Данный материал не требует запекания, что позволяет сократить время работы. Во время ремонта конструкцию не нужно снимать.





Рисунок 1 – Керамокомпозитные коронки [1]

Керамокомпозит более прочный, долговечный, стойкий к износу. Керамокомпозитный протез изготавливается на основе стекловолокна, которая объединяет установленные импланты и распределяет нагрузку. Достоинства: небольшой вес, хорошая биосовместимость, гипоаллергенность. можно устанавливать на ослабленные зубы с минимальной обточкой, недостатки - высокая стоимость и хрупкость керамики. Срок службы при правильном уходе до 10-15 лет. Характеристики керамокомпозита приведены в таблице 1.

В исследовательской работе был выбран композиционный материал на основе полиэфирэфиркетона (ПЭЭК), являющейся новым материалом и зарекомендовавший себя как надежный композит для создания зубных протезов. Характеристики для данного композита приведены ниже в таблице 2.

Таблица 1 – характеристики для оксида циркония [3]

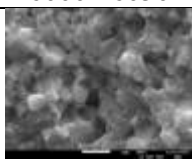
Характеристика	Материал
	ZrO <sub>2</sub> (Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	6000 - 6050
Микроструктура	 Репер – 1 мкм
Предел прочности при изгибе, МПа	750-1050
Модуль Юнга, ГПа	200-210
Твердость по Виккерсу, ГПа	12-13
Трещиностойкость, МПа м <sup>1/2</sup>	8,0-10,0
Коэффициент теплопроводности, Вт мК <sup>-1</sup>	2-3
Коэффициент термического расширения, 10 <sup>-6</sup> · К <sup>-1</sup>	10,0-11,0

Таблица 2 – характеристики для ПЭЭК [5]

Физические свойства	
Плотность ρ, кг/м <sup>3</sup>	1320
Водопоглощение, %	0,1
Механические свойства	
Модуль Юнга, Е, ГПа	3,6
Прочность на растяжение, σ <sub>в</sub> <sup>+</sup> , МПа	90–100
Удлинение при разрыве, ε, %	50
Тепловые свойства	
Температура плавления, Т <sub>пл</sub> , °С	343
Теплопроводность. λ, Вт/м·К	0,25

После выбора компонентного состава материала согласно нормативным документам к изготовлению керамокомпозитных протезов, разрабатывается технологический процесс.

представленный на блок-схеме (рисунок 2).

В первую очередь снимается оттиск, являющийся прототипом для дальнейшего изготовления зубного протеза. Далее приступаем к разработке технологии изготовления изделия.

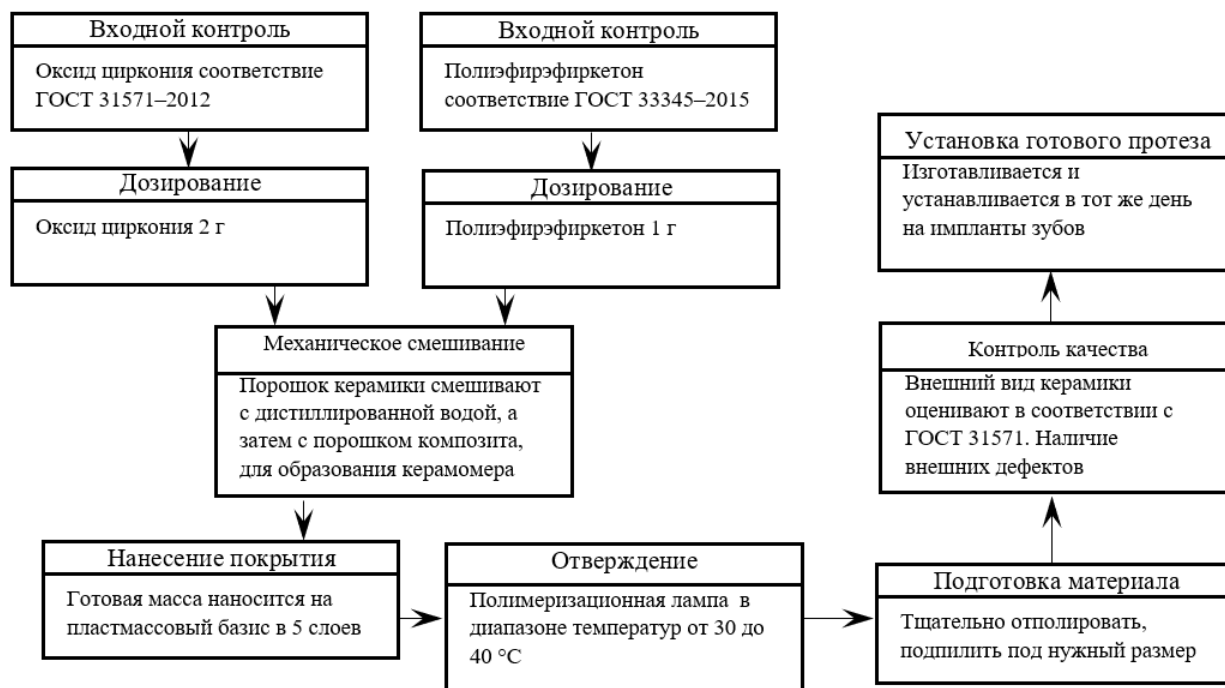


Рисунок 2 – Технологическая схема создания керамокомпозита

1. Входной контроль. Проверяем наличие сопроводительной документации и протоколов входного контроля для оксида циркония, соответствие требованиям ГОСТ 31571-2012 «Керамика стоматологическая».

2. Входной контроль композита. Проверяем наличие сопроводительной документации и протоколов входного контроля на полиэфирэфиркетон (ПЭЭК), соответствие требованиям ГОСТ 33345-2015 «Композиты полимерные».

3. Дозирование. Для оксида циркония порошок грунтовой массы замешивают на дистиллированной воде до пастообразной консистенции.

4. Дозирование. тонко измельчается до размера частиц не более 7 мкм. К полиэфирэфиркетону добавляется фторалюмосиликатное стекло с примесью серебра для увеличения ударной вязкости.

5. Механическое смешивание. После смешивания в нужных пропорциях оба компонента превращаются в «керамер», далее соединяются и наносятся на заранее подготовленный пластмассовый базис в 5 слоев.

6. Отверждение. Отверждение происходит при помощи полимеризационной лампы, в диапазоне температур от 30 до 40 °С.

7. Подготовка материала. После отверждения готовый материал следует тщательно отполировать, подпилить под нужный размер.

8. Контроль качества. Внешний вид керамики оценивают в соответствии с ГОСТ 31571. Также проверяют на наличие внешних дефектов.

9. Установка готового образца. В данном случае нет условий хранения, т.к материал изготавливается для конкретного пациента и устанавливается в тот же день на импланты зубов.

После установки протеза следует период адаптации. Адаптация пациентов к съемным зубным протезам, зачастую, является достаточно сложным, многоэтапным и длительным процессом, на который оказывают свое влияние различные факторы. Её можно рассматривать как комплекс приспособительных мероприятий, выполненных на разных уровнях, при-

водящих к формированию стойкого следа в нервной и мышечной памяти, содержанием которого является полное привыкание к раздражающему объекту – в данном случае – съемного протеза. Систематизация факторов, влияющих на процесс адаптации к зубным протезам в ортопедической стоматологии.

В данной работе были проанализированы требования к зубным протезам и условия их установки, подобран компонентный состав материала для изготовления керамокомпозитных протезов и разработан технологический процесс. Подобная технология не осложнена дорогостоящим оборудованием и сам процесс можно отнести к простым, но такой вид протезов будет служить дольше, чем из всех на сегодняшний день известных зубных протезов. Также они будут выглядеть более эстетично, не вызывать каких-либо аллергических реакций.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Поюрковская И.Я. Стоматологическое материаловедение: учебное пособие.- Гэотар Медицина, 2007 (2008). - 192 с.
2. Керамокомпозитные протезы. – Режим доступа: <https://smile-at-once.ru/uslugi/implantacia-zubov/protezi-na-implantah/keramokompozitnie.html> (Дата обращения 28.03.2021)
3. Керамика стоматологическая. ГОСТ 31571-2012. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200100318#7D20K3>
4. ГОСТ 31575-2012 Металлокерамика стоматологическая для зубного протезирования. Технические требования. Методы испытаний.
5. ГОСТ 33742-2016 Композиты полимерные. Классификация

#### ПОЛИМЕРНЫЕ ДИСПЕРСНОПОЛНЕННЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОГО СВЯЗУЮЩЕГО МЕТОДОМ ГОРЯЧЕГО ОТВЕРЖДЕНИЯ

Черенков Егор Дмитриевич, студент кафедры ССМ, e-mail: eess2000@mail.ru

Научный руководитель – Хапёрских Снежана Александровна, зам. зав. кафедры, ассистент,  
e-mail: snezhana\_v@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В ходе работы был разработан оптимальный состав полимерных дисперсно-наполненных покрытий, основой которых является полипропилен. Описана технология производства изделия. Одним из решений поставленной задачи является подбор оптимального композитного состава защитного покрытия.*

*Ключевые слова: полимеры, износостойкость, истирание, эпоксидное связующие, дисперсный наполнитель, полипропилен, твердость.*

Надежность и долговечность агрегата или детали машины зависит от его конструкционной прочности материала, из которого они состоят. Поверхность изделий определяется эксплуатационными характеристиками – износостойкость, коррозионная стойкость, отражательная способность и сопротивление теплопередаче. Для повышения характеристик используют различные методы нанесения защитных покрытий, позволяющие повысить сопротивление к агрессивным средам, внешним воздействиям, повышения срока работы детали и сократить расходы на ремонт изношенного покрытия.

В данной работе будет рассмотрено поверхностное покрытие из полимера на основе эпоксидного связующего методом горячего отверждения. Покрытие из полимера является весьма эффективным методом защиты от износостойкости и факторов окружающей среды, в качестве покрытия выступают пленки из полимерных смол. Применяемые для этого полимеры весьма разнообразны, начиная от полиэтилена и заканчивая композитной смесью из этиленовых смол с полипропиленом. В основном их наносят из расплава, суспензии кистью, газопламенным напылением или окунанием. Толщина, которых может составлять несколько миллиметров.

Основной проблемой агрегатов в различных цепях производства является износ и изнашивание металлических поверхностей. Изнашивание может происходить вследствие воздействия на них различных факторов извне таких как:

- воздействие минеральных частиц перерабатываемого сырья;
- длительных термических и химических воздействий.

Данная проблема обуславливает актуальность подбора оптимального компонентного состава защитного полимерного покрытия.

Интенсивность изнашивания может быть определена как: объем материала, удаленный за единицу времени, с единичного пути трения, за один оборот детали или за одно колебание тела; потеря объема на единицу нормальной силы при единичном пути скольжения ( $\text{мм}^3/\text{Н}\cdot\text{м}$ ), которую иногда называют коэффициентом износа; потеря массы за единицу времени; изменение определенного размера за единицу времени; относительное изменение размера или объема по отношению к тем же изменениям в эталонном материале [1].

Нанесение полимерных покрытий осуществляется методами окунания, газотермического, вихревого напыления или ручной выкладкой с помощью кисти. После отверждения покрытие образует защитную пленку определенной толщины, зависящее от метода нанесения.

Разновидностью полимерных являются антифрикционные твердосмазочные покрытия. Внешне эти материалы похожи на краски, однако вместо пигментов они содержат высокодисперсные частицы твердых смазочных веществ, которые равномерно распределены в смеси связующих компонентов и растворителей [3].

Основу покрытий могут составлять дисульфид молибдена, графит, политетрафторэтилен (ПТФЭ) и прочие твердые суспензии. В качестве связующих применяются акриловые, фенольные, полиамид-имидные, эпоксидные смолы, полиуретан и некоторые другие специальные компоненты.

Полимерное покрытие выбирают, учитывая условия эксплуатации изделий. От материала матрицы значительно зависят свойства покрытия: прочность, тепло- и влагостойкость, стойкость к действию агрессивных сред, износостойкость.

Сочетание полимеров с наполнителями позволяет получать материалы с совершенно новыми эксплуатационными свойствами. Наполнители способны оказывать разнообразное воздействие на полимеры, обуславливающие высокую эффективность их использования.

Повышение твердости, износостойкости и модуля упругости полимеров является универсальным свойством дисперсных наполнителей. Поэтому дисперсные наполнители нашли широкое применение для повышения этих свойств, как у термопластов, так и у реактопластов [4].

Основными преимуществами изделий из полимерных композиционных материалов являются высокая удельная прочность и жесткость, стойкость к агрессивным средам, малая величина теплопроводности электропроводности, а также несложная технологическая операция в смешении связующего с наполнителем при нормальных условиях [5].

При анализе свойств наполнителей, пригодных для изготовления изделий с износостойкими покрытиями, был выбран полипропилен, так как он обладает высокими показателями относительной истираемости (4,3), тогда как у абразивостойкой стали этот показатель составил 5,2.

В работе для изготовления износостойкого покрытия было выбрано в связующее на основе эпоксидно-диановой смолы ЭД-20, отвердителя горячего отверждения изо-МГТФА с использованием ускорителя УП606/2.

В ходе натурных испытаний и расчетов удалось выявить оптимальные компонентные составы для полимерного покрытия. Согласно стандарту, подбор связующих компонентов производился к соотношению: на 100 м.ч. смолы приходится 49,8 м.ч. отвердителя и 0,2 м.ч. ускорителя. Содержание наполнителя в образце варьируется от 30 до 60%.

Процесс производства полимерного покрытия можно описать в следующих этапах:

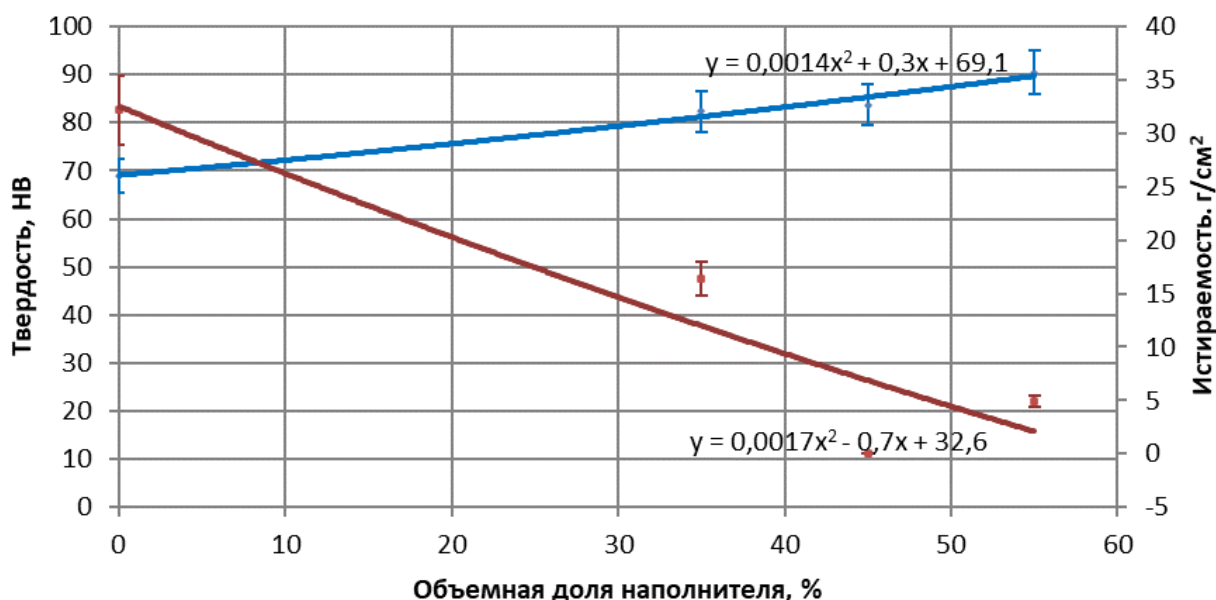
- 1) входной контроль компонентов (внешний осмотр, цвет, плотность, вязкость и т.д.);

- 2) взвешивание компонентов, прошедший входной контроль, с помощью весов;
- 3) механическое смешение компонентов;
- 4) подготовка металлической поверхности осуществляется в соответствии ГОСТ 9.402-2004. Основной целью подготовки поверхности является удаление с неё веществ, препятствующие нанесению покрытия, а также получение поверхности с определенными адгезионными свойствами;
- 5) грунтовка металлической поверхности. Акриловая грунтовка, марки наносится на металлическую поверхность тонким слоем методом распыления;
- 6) отверждение осуществляется в печи ступенчатым образом. После отверждения происходит остывание в печи.
- 7) контроль качества. После остывания образца и извлечения его из печи, он должен пройти определенные нормы контроля, такие как: внешний контроль, габаритные замеры, и механические испытания на твердость методом вдавливания шарика и истираемость. Испытания на твердость проходит по ГОСТ 4670-2015 «Пластмассы. Метод вдавливания шарика», а на истирание по ГОСТ 11012-2017 «Пластмассы. Метод испытания на абразивный износ».
- 8) упаковка, маркировка, транспортировка и хранение.

Как уже было сказано ранее, после изготовления, образцы подвергаются механическим испытаниям на твердость и истираемость. результаты механических испытаний приведены таблице 1 и на рисунке 1.

Таблица 1 – Результаты испытаний

Доля наполнителя, %	Значение показателя, НВ	Значение показателя, г/см <sup>2</sup>
0	69	32,2
35	82,3	16,4
45	83,7	13,6
55	90,4	4,9



— Логарифмическая (показатель твердости) — Полиномиальная (показатель истираемости)

Рисунок 1 – Графики зависимости твёрдости и истираемости от объёмной доли наполнителя

При подборе компонентного состава были сделаны следующие выводы: оптимальным компонентным составом является образец с объемной долей наполнителя равной 55%. Данный состав показывает наилучшие показатели, как для твердости 90,4 НВ, так и для истираемости 4,9 г/см<sup>2</sup>.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Износостойкость. [Электронный ресурс]. Режим доступа – <https://ru.wikipedia.org/wiki/Износостойкость>
2. Алентьев А.Ю., Яблокова М.Ю «Связующие для полимерных композиционных материалов».
3. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. - СПб.: Научные основы и технологии, 2008. 822 с.
4. Головина Е. А. Курс лекций по дисциплине «Неметаллические и полимерные материалы» для студентов направления подготовки Материаловедение и технологии материалов (уровень бакалавриата)/ Е. А. Головина; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2016. –77 с.

## ПЕНОПОЛИУРЕТАНЫ - СОСТАВ, МОРФОЛОГИЯ, СВОЙСТВА И ПРИМЕНЕНИЯ

Шефер Никита Андреевич, студент кафедры ССМ, e-mail: [nikita.shefer.01@mail.ru](mailto:nikita.shefer.01@mail.ru)  
Научный руководитель - Головина Елена Анатольевна, к.т.н., доцент, e-mail: [gea62@yandex.ru](mailto:gea62@yandex.ru)  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Преимущества и недостатки пенополиуретана. Подготовка поверхности для напыления и область применения ППУ. Пенополиуретан окружает нас в повседневной жизни, в строительстве, в мебели, в одежде и многом другом. ППУ является достаточно дешевым материалом, его стоимость составляет от 100–120 руб. за 1 м<sup>2</sup>.*

**Ключевые слова:** полиол, полиизоцианат, поролон, монтаж.

Пенополиуретан (ППУ) – синтетическое вещество клеточной структуры из группы наполненных газом пластмасс. ППУ открыли в 1937 году, с этого момента стал окружать нас во всех областях нашей жизни. Он имеет наименьшую теплопроводность, экологически чистый, прочный и простой в использовании.

Вспененный пенополиуретан (ППУ) получают путем смешивания под высоким давлением двух жидких полимеров: полиола и полиизоцианата. В процессе протекания химической реакции этих двух компонентов выделяется тепло и углекислый газ. Углекислый газ создает пористую структуру. Реакция протекает стремительно с экзотермическим эффектом в интервал времени, называемым временем старта. Время старта составляет от 3 до 8 секунд. Стабилизированная (отвержденная) пена содержит примерно 90% газа в своих ячейках, это дает ей самые высокие теплоизоляционные показатели, защищающие как от холода, так и от тепла. В зависимости от пропорции полиола и полиизоцианата и наличия антипиренов в структуре, готовый продукт различают по техническим характеристикам и области применения. На стадии смешения этих компонентов закладываются необходимые свойства ППУ.

Требования к смешиванию полиола и полиизоцианата для получения ППУ записывают в паспорте сырья:

- смешивать два компонента необходимо в определенных пропорциях;
- соблюдения нужных температурных условий.

ППУ делится на классы:

- элементы декора;
- теплоизоляционные;
- гидроизоляционные;
- эластичного направления.

Одним из самых известных ППУ является поролон. Он мягкий и эластичный. Поролон применяют как наполнитель мебели и других бытовых изделий.

Пенополиуретан с антипиренами называется жестким пенополиуретаном. Он имеет повышенную плотность (30–86 кг/см<sup>3</sup>). Такой ППУ теряет эластичность в готовом виде, но имеет много других преимуществ. Например, он применяется в строительстве для теплоизо-

ляции и звукоизоляции, а сверхплотные типы (от 70 кг/см<sup>3</sup>) используются для гидроизоляции фундаментов зданий и других поверхностей. Строительный пенополиуретан готовится из двух компонентов: полиола и полиизоцианата. Полиизоцианат служит основой для химического процесса, не меняя состав, а полиолы используются по-разному, что влияет на скорость пенообразования, плотность и воспламеняемость.

Теплоизоляционным панелям из ППУ средней плотности присущи следующие характеристики:

- прочность при 10%-ом сжатии – 0,46 МПа;
- отсутствие усадки;
- теплопроводность 0,021 Вт/м·К;
- очень высокий показатель морозостойкости, ~ 1000 циклов;
- водопоглощение 2%;
- высокая звукоизоляция;
- трудновоспламеняемый, самозатухающий материал;
- долговечность, срок службы до 50 лет;
- экологичен, не выделяет вредных веществ, отсутствует запах.

ППУ – как полимерный материал, то имеет ряд уникальных свойств: высокая адгезия с различными поверхностями (стекло, бетон, дерево, кирпич и металл); монтаж панелей из ППУ происходит без специальных крепежных элементов; возможность работы в интервале температур от -200 до +200 °С; материал инертен к кислотам, щелочам и солям.

Но ППУ также имеет и недостатки: разрушается под действием ультрафиолетового излучения и поэтому нуждается в защитном покрытии от попадания солнечных лучей; наносится на подготовленную поверхность (поверхность должна быть сухая и теплая, это делает применение на открытых строительных площадках зимой практически невозможным). А еще при длительной работе в области высоких температур ППУ начинает тлеть, и при этом уменьшаются его теплоизоляционные свойства. Именно поэтому не рекомендуется использовать ППУ для котлов, бань и саун.

Поверхность, при монтаже пены, должна быть очищенная, сухая и температурой выше +10°С. Температура самой смеси пены от +18 до 25°С. Толщина слоя должна находиться в интервале 3–5 см. Для безопасности рабочий должен быть в специальном защитном костюме и респираторе. Работу следует проводить в хорошо проветриваемом помещении. Один проход пены получается толщиной около 15–30 мм. Толщина зависит от скорости подачи из распылителя и опыта рабочего. Именно поэтому, для надежной теплоизоляции наносят несколько слоев. Напыленный слой получается без стыков и швов.

Пенополиуретан не пропускает воду, но пропускает водяной пар, благодаря этому в конструкциях имеется вентиляция и водяной пар не задерживается в структуре ППУ. Это позволяет избежать конденсата. Также при использовании ППУ, можно получить хорошую акустическую изоляцию, нанеся его на фасад здания. Из-за своей вспененной структуры пенополиуретан поглощает большую часть шумов (рисунок 1).

ППУ используют в различных сферах жизни:

- машиностроение, в том числе в автомобилестроении и авиационном;
- мебельная промышленность;
- в упаковочных материалах;
- гидроизоляция кровли;
- в обувном и спортивном секторе;
- акустическая изоляция;
- в легкой промышленности для производства тканей и материалов;
- в строительстве – для теплоизоляции, для сооружения сэндвич-панелей.



Рисунок 1– Жилой дом теплоизолированный пенополиуретаном

Как теплоизоляционный материал ППУ прост в изготовлении и его можно смешать на месте, а компоненты для пенополиуретана купить и доставить на стройку зачастую выходит дешевле, чем везти готовый продукт. На рисунке 2 показано оборудование для нанесения полиуретана.

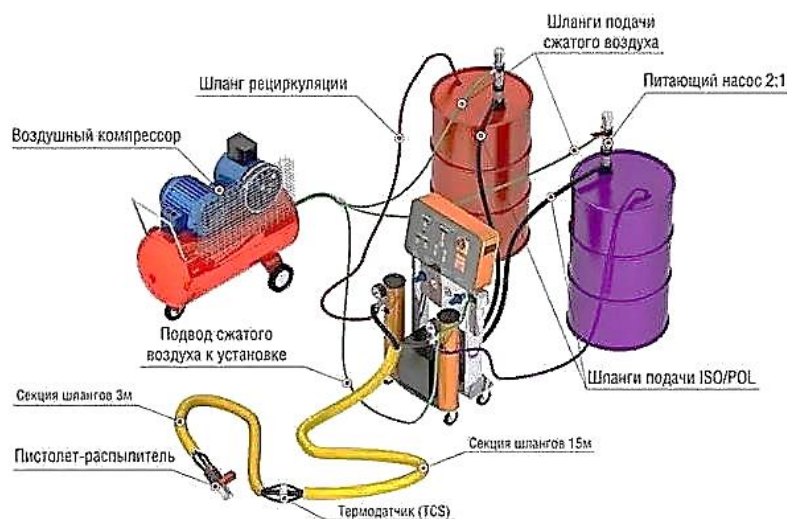


Рисунок 2 – Оборудование для нанесения пенополиуретана на поверхность [1]

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Состав, свойства и преимущества пенополиуретана //Стройнедвижка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://stroynevizhka.ru/stroitelnye-materialy/sostav-svoystva-reporoliuretana>.
2. Пенополиуретан. Тепло- и гидроизоляция пенополиуретаном // Ремонт и стройка [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.comfortclub.ru/publ/96-1-0-882>.



## СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА»

### ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»

#### ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ АВТОНОМНОЙ БАЗЫ ОТДЫХА АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Акулинин Станислав Сергеевич, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:stas.akulinin@mail.ru

Научный руководитель - Мартко Екатерина Олеговна, к.т.н., доцент, e-mail:martnight@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Данная статья посвящена вопросу создания автономной базы отдыха в горном регионе. Рассмотрена альтернативная энергетика для обеспечения электроэнергией базы отдыха в полном объеме и, поскольку отсутствует возможность установки традиционного электроснабжения. Для обеспечения автономности используются мини ГЭС и ветровые установки.*

**Ключевые слова:** мини ГЭС, ветрогенератор, альтернативные, источники, автономная база, энергетика, зелёная энергия.

Темпы развития промышленности на сегодняшний день таковы, что, с одной стороны, потребляемых ей традиционных ресурсов хватит ещё на 150- 200 лет. С другой стороны, возможно использование атомной энергии, но данный источник уже не раз создавал опасность жизни людей и экологии, помимо этого существуют проблемы с утилизацией отходов и их захоронением, а если рассматривать повреждение атомной станции – то можно встретить такое мнение, что станция – оружие массового поражения. Несмотря на это, выступающая за продвижение ядерной энергетики «Всемирная ядерная ассоциация» опубликовала в 2011 году данные, согласно которым гигаватт\*год электроэнергии, произведенной на угольных электростанциях, в среднем (учитывая всю производственную цепочку) обходится в 342 человеческих жертвы, на газовых – в 85, на гидростанциях – в 885, тогда как на атомных – всего в 8.

Анализ ситуации, сложившейся в последнее время на рынке производства электроэнергии показал, что альтернативная энергетика постепенно занимает устойчивые позиции, порой вытесняя традиционную энергетику. Суть и основное направление зеленой энергетики в том, чтобы найти и использовать альтернативные источники энергии для обеспечения потребностей человека. На основании [1]: источники энергии – «встречающиеся в природе вещества и процессы, которые позволяют человеку получить необходимую для существования энергию». Восстанавливающиеся источники позволят заменить традиционные, такие как нефть, природный газ и уголь. Одной из причин поиска возобновляемых источников является то, что в их использование позволит сократить выбросы в атмосферу и замедлить, например, прогрессирующий в настоящее время парниковый эффект. И, конечно, неоспорим тот факт, что они являются неисчерпаемыми и экологичными и действительно их использование и внедрение для обеспечения производственных или иных процессов в жизни людей актуально и неоспоримо.

Алтайский край является одним из наиболее востребованных в плане туризма регионом, имеет смысл задуматься о воздействии огромного количества баз отдыха на окружающую среду. Больше всего таких баз отдыха в Горном Алтае. В этом регионе сотни баз, которые подключены к общей сети электроснабжения, но нет, ни одной автономной.

Стратегическими целями использования альтернативных источников энергии и местных видов топлива являются:

- снижение темпов роста антропогенной нагрузки на окружающую среду и противодействие климатическим изменениям при необходимости удовлетворения растущего потребления энергии;

- рациональное использование и снижение темпов роста потребления, имеющихся ресурсов ископаемого топлива в условиях неизбежного истощения его запасов;
- сохранение здоровья населения и качества жизни путем замедления темпов роста загрязнения окружающей среды при использовании ископаемого топлива, а также снижение общегосударственных расходов на здравоохранение;
- замедление темпов роста затрат на распределение и транспортировку электрической энергии и топлива и возникающих при этом потерь;
- вовлечение в топливно-энергетический баланс дополнительных топливно-энергетических ресурсов;
- повышение уровня энергетической безопасности и надежности энергоснабжения за счет увеличения уровня его децентрализации.

Данная работа посвящена разработке электроснабжения автономной базы отдыха на основе альтернативной энергетике. Рассмотрены такие виды альтернативных источников энергии как альтернативная гидроэнергетика и ветроэнергетика, поскольку в рассматриваемом регионе имеется быстрая горная река, которая не подвергается обледенению зимой и из-за особенностей ландшафта дуют сильные ветра.

В среднем (по проведенным расчетам) максимальное электропотребление базы отдыха составляет порядка 1 МВт. Учитывая, что одна лишь мини ГЭС способна вырабатывать мощность до 2,5 Мвт, предварительно выдвинуто предположение, что для электроснабжения базы достаточно одной мини ГЭС и нескольких маломощных ветрогенераторов.

В качестве такого ветрогенератора выбран ВЭУ – Exmork 3 кВт 48 В, технические данные которой представлены в таблице 1.1, внешний вид – на рисунке 1.1.

Таблица 1.1 – Данные ВЭУ Exmork

Марка турбины	Exmork
Номинальная мощность	3 кВт
Диаметр ротора	4 м
Высота ветроустановки	13 м
Минимальная рабочая скорость ветра	2,5 м/с
Максимальная рабочая скорость ветра	20 м/с
Вес ветрогенератора	170 кг



Рисунок 1.1 – ВЭУ Exmork мощностью 3 кВт

Далее необходимо определить наиболее подходящую в данных условиях мини ГЭС. Скорость реки Обь в данном случае составляет 5 м/с. Идеальным вариантом будет мини ГЭС с турбиной Френсиса . Потому что у данного типа турбин в рабочем колесе поток сначала движется от периферии к центру, а затем на выход. Выходная мощность составляет от 100 кВт до 2,5 МВт. На рисунке 1.2 изображена данная мини ГЭС [2].



Рисунок 1.2 – Мини ГЭС с турбиной Френсиса 1МВт

Такая установка имеет ряд преимуществ [3]:

- легкое и доступное присоединение приводящей и отводящей труб;
- турбина и генератор раздельной установки, удобное обслуживание обоих агрегатов;
- турбина имеет 2-3 подшипника, генератор – 2 подшипника, повышенная надежность системы;
- отдельная смазочная маслосистема турбины способствует продлению срока службы подшипников.

Учитывая скорость реки, можно рассчитать вырабатываемую мощность мини ГЭС, она составляет 794,6 кВт.

Для обеспечения бесперебойной работы системы было принято решение установить шкаф управления (ШУ) на базе контроллера «WSCH-8». ШУ служит для управления работой ветростанциями и мини ГЭС. Он оснащен уникальной возможностью вести заряд АКБ на разных напряжениях, с захватом напряжений меньших в 2 раза установленного номинала.

Помимо этого необходимо установить инвертор SOFAR 100000TL, поскольку и ветроустановки, и мини ГЭС вырабатывают постоянный ток. Данная модель будет идеальна в данных условиях.

Учитывая всё вышесказанное, можно сделать вывод, что использование альтернативных источников энергии для электроснабжения относительно небольших объектов является возможным и станет первым шагом к полному переходу на «зеленую» энергию.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Источники энергии //Научно-технический энциклопедический словарь.
2. Булат В.А. Эффективное использование энергии воды в системах автономного энергообеспечения. / Булат В.А., Орлов А.В., Толмачев В.Н., СПб.: ВИТУ, 2002. - 98 с.
3. Гидроэнергетика России. – Текст: электронный.. – URL: <http://geo.1september.ru/article.php?ID=200500907/> – Режим доступа: свободный.

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ. ТЕХНОЛОГИЯ SMARTGRID

Блинов Кирилл Алексеевич, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий, e-mail: @blino000ov@gmail.com

Научный руководитель - Мартко Екатерина Олеговна, к.т.н., доцент, e-mail: martnight@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В данной статье предложено направление развития энергетических сетей Российской Федерации по направлению использования SmartGrid. Использование SmartGrid, тех же умных сетей, позволит автоматизировать генерацию, передачу и контроль электроэнергии, в том числе переключения в случае непредвиденных ситуаций в виде аварий, повреждений сетей. Эта технология позволяет минимизировать постоянные затраты на обслуживание оборудования и минимизировать время перебоев в электроснабжении.*

**Ключевые слова:** умные сети, автоматические переключения, SmartGrid, оптимизация, затраты.

В нынешних условиях, когда резко увеличивается объем потребления энергоресурсов, диспетчерские службы не всегда могут справиться с возникшими трудностями, что и влечет за собой соответствующие последствия в виде убытков энергетических компаний. Отсюда возникает потребность в принятии современных решений и применение новых технологий. Такие меры могут не только минимизировать убытки, но и помогут создать условия для развития всей энергетической отрасли.

Основные нагрузки, которые испытывают электрические сетипостоянной диагностики неполадок и их предотвращения, прогнозирования нагрузок. Дополнить энергосистему необходимо новыми цифровыми решениями, которые способны выполнять различные задачи, основными из которых является сбор и анализ данных по основным параметрам электрических сетей.

Анализ показал, что в настоящее время существуют модернизированные сети электроснабжения, которые используют информационные и коммуникационные сети, технологии для сбора информации, называемые умными электрическими сетями (SmartGrid). Данные сети обладают достаточно большим количеством достоинств и недостатков. К достоинствам относятся, например, – самовосстановление после сбоев, активное участие в сетях и т.д.

Одними из наиболее перспективных направления развития Российской энергетики, согласно «энергетической стратегии развития России до 2035 года» (от 9 июня 2020 года) является создание интеллектуальных систем учета электроэнергии, интеллектуальных средств мониторинга, создание интеллектуальных энергосистем, включающих цифровые подстанции, интеллектуальные средства управления конечным потребителем электрической энергии по экономическому критерию.

Преимущества SmartGrid по сравнению с нынешней энергетической системой:

1. SmartGrid полностью автоматизирует генерацию, передачу и потребление электроэнергии;

2. SmartGrid является «умной» системой, которая способна производить мониторинг, составлять отчеты о произведенной и переданной электроэнергии, потерях, экономических выгодах или убытках, предоставлять информацию о каждом конкретном потребителе, выявлять факты хищения электроэнергии<sup>4</sup>

3. Интеллектуальная сеть так же способна повысить надежность сети, переключать потребителя на резервный или другой источник электроэнергии, при отказе основного;

4. SmartGrid способен гарантировать бесперебойную подачу электроэнергии соответствующего качества;

5. Сети нового поколения способны снизить потери при передаче электроэнергии за счёт оптимального распределения нагрузки.

Так же технология SmartGrid включает в себя несколько ключевых аспектов: различные интеллектуальные приборы и устройства, включающие в себя умные счетчики для ком-

мерческого учета электроэнергии, новые методы управления системой, интегрированные средства коммуникации, как правило, GSM модули.

Один из основных компонентов электрических сетей нового поколения – интеллектуальные счётчики.

Эта система имеет строгую структуру, которая состоит из трёх, или, иногда, из двух уровней. Первый уровень представляет собой первичные измерения. АИИС КУЭ непрерывно измеряют параметры и передаёт данные на следующий уровень. Когда в системе всего два уровня, данные сразу передаются на верхний (третий) уровень. Второй уровень - это среда, состоящие из устройств сбора и передачи данных, которые передаются в непрерывном режиме с устройств измерения. Затем, данные передаются на третий уровень. Он представляет собой центр сбора, обработки и хранения данных. Данные хранятся на серверах энергетической компании. На этом уровне добавляется визуальный интерфейс, с помощью которого, оператор видит все полученные данные и может использовать их для анализа и составления отчётов.

С внедрение в нашу жизнь различных smart-устройств, у злоумышленников появляется все больший соблазн взломать эти устройства в своих личных целях. Когда это касается энергосистемы, вопрос встает достаточно уместный вопрос: насколько это безопасно для конечного потребителя и для страны в целом?

Поскольку, одним из критериев, предъявляемые технологии SmartGrid является кибербезопасность. В случае с умными сетями, задачей кибербезопасности является сохранение и достижение свойств безопасности ресурсов организаций и потребителей. АИИС КУЭ имеет специальные защищенные протоколы передачи данных, однако, многие АИИС КУЭ используют проприетарные протоколы обмена данных от производителя электросчетчиков, например, ModBus, которые не составляют сложности для атакующего, и он сможет воздействовать на систему. Подобные атаки являются причиной неправомерного доступа к управлению электроэнергией. В таком случае, злоумышленник сможет, например, заблокировать передачу данных от устройств АИИС КУЭ к энерго компании или изменить коэффициент трансформации тока или напряжения, что может привести систему в неработоспособное состояние. Таким образом, можно выделить три основные группы данных, подлежащих защите:

1. Персональные данные потребителей.
2. Технические данные потребителей, поступающих от устройств учёта электроэнергии.
3. Технические данные, которые обмениваются различные элементы системы: конфигурация, отчеты об ошибках и сбоях, логи. Именно эти данные и обеспечивают надежность и безопасность работы энергосистемы.

Можно определить следующие угрозы безопасности для технологии SmartGrid:

- атаки типа DDoS (первый и второй уровень АИИС КУЭ);
- заражение вредоносным программным обеспечением (верхний уровень АИИС КУЭ);
- раскрытие и модификация информации, обрабатываемой и хранимой в сервисной платформе (второй и третий уровень АИИС КУЭ);
- раскрытие и модификация операционных данных, обрабатываемых и хранимых в сервисной платформе (третий уровень АИИС КУЭ).

По данным федеральных отчетов США за период 2010 по 2014 год, было совершено более 1100 случаев атак на систему SmartGrid, 20% из которых оказались успешными. На момент написания статьи была совершена кибератака на минэнерго США, она затронула только коммерческие данные пользователей и энергокомпаний. Так же была угроза, что атака затронет управление по ядерной безопасности.

Пока Россия полностью не перешла на использование интеллектуальных энергосистем, необходимо наращивать их стабильность и безопасность от неправомерного воздействия. Согласно требованиям стандарта PCIDSSv.3.2, для обеспечения информационной без-

опасности требуется регулярно проводить аудит информационных систем. Корректно это можно сделать только теми же инструментами, которые используются в реальных атаках.

Подводя итоги, можно сказать, что развитие в России интеллектуальных сетей на основе SmartGrid - это очередной этап, не первый и не последний за 100 лет, с момента электрификации страны, модернизации энергосистемы России. За лето 2020 года, ПАО «Россети» инвестировало 381 млрд. рублей в рамках реализации ФЗ №552 «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в связи с развитием систем учета электрической энергии (мощности) в Российской Федерации». На момент 10марта 2022, ПАО «Россети» оснастили 15% (2,7 миллионов) приборов коммерческого учёта электроэнергии. В планах компании установить более 18 миллионов умных электросчётчиков к концу 2030 года. С 1 января 2023 года построение системы учёта должно осуществляться только на базе умных счетчиков.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Будущее электросетей: что такое смартгрид и микрогрид [Электронный ресурс]: Энергетика и промышленность России. – Режим доступа: <https://www.eprussia.ru/epr/234/15558.htm>, свободный

2. «Россети» направят на развитие интеллектуальной системы учёта более 381 млрд. рублей до 2030 года [Электронный ресурс]: ПАО «Россети». – Режим доступа: [https://www.rosseti.ru/press/news/?ELEMENT\\_ID=37650](https://www.rosseti.ru/press/news/?ELEMENT_ID=37650), свободный

3. Госдума приняла закон об интеллектуальных системах учета электроэнергии [Электронный ресурс]: ТАСС. – Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/5930173>, свободный (дата обращения 04.04.2022)

4. «Умные сети электроснабжения» (smartgrid) и проблемы с кибербезопасностью [Электронный ресурс]: Информационная безопасность. – Режим доступа: <http://lib.itsec.ru/articles2/in-ch-sec/umnye-seti-elektrosnabzheniya-smart-grid-i-problemy-s-kiberbezopasnostyu>, свободный (дата обращения 04.04.2022).

5. Исследование проблемы информационной безопасности АСКУЭ [Электронный ресурс]: Научный журнал «Universum: технические науки». – Режим доступа: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/3307> (дата обращения 04.04.2022).

#### РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА МЕРОПРИЯТИЙ ПО УЛУЧШЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ «АЛМАК» (ОАО «АЛТАЙСКИЕ МАКАРОНЫ»)

Востриков Сергей Витальевич, магистрант кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: nice.sergey23@mail.ru

Научный руководитель - Попов Андрей Николаевич, к.т.н., доцент,  
e-mail: popov.a.n@mail.altstu.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Актуальность работы обусловлена необходимостью применения современных систем измерения для определения параметров качества электроэнергии на промышленных предприятиях, с целью выявления отклонений этих параметров и подбора необходимых мероприятий, способствующих решению выявленных проблем. Использование специальных компенсирующих устройств позволит повысить качество электроэнергии в электрических сетях напряжением до 1000 В, уменьшить экономические издержки на предприятиях, сократить размер брака продукции.*

**Ключевые слова:** качество электроэнергии, устройства регулирования напряжения, микропроцессорные технологии, измерительное оборудование, компенсация реактивной мощности.

Постоянный рост энергопотребления негативно влияет на качество электроэнергии и надежность электрооборудования. Сложно поддерживать параметры качества электроэнер-

гии (ПКЭ) в требуемых пределах, в отдаленных от источника питания точках энергосистемы. К электрической энергии выдвигается ряд требований, установленных в [1], отклонение которых приводит к возникновению сбоев в работе электрооборудования, увеличение объема браков в выпускаемой продукции, снижение срока службы.

Работа технологического электрооборудования в сетях промышленных предприятий, непосредственно связана с качеством электроэнергии.

К основным причинам снижения качества электроэнергии относят:

- изношенность оборудования, систем распределения и управления сетей;
- отсутствие необходимого контроля параметров качества электроэнергии;
- присоединение к сети устройств с нелинейно-изменяющимся сопротивлением;
- низкий уровень использования устройств регулирования ПКЭ [2].

Проблема влияния качества электроэнергии на характеристики электрооборудования, часто возникает в металлургической отрасли, нередко использующих различные электротехнологические установки. Выпрямительные устройства выводятся из строя при падении напряжения в 10-15%, высокие требования выдвигаются к поддержанию частоты вращения приводов, в качестве которых используют асинхронные двигатели. Поэтому возникает необходимость в устройствах выравнивания и регулирования напряжения.

Перед тем, как приступать к разработке мероприятий и выбору устройств, необходимо провести анализ параметров качества электроэнергии и технико-экономический расчет, с целью выявления проблем на конкретном предприятии и экономической целесообразности новых внедрений. В процессе сбора материалов для магистерской диссертации был подготовлен отчет по измерениям параметров электрической сети на предприятие «Алмак».

В период с 10.09.2021 г. по 13.09.2021 г. на предприятии проводились измерения параметров электрической сети. Исследования проводились по трем фазам, с использованием измерительного оборудования «Fluke 1735» по следующим параметрам: напряжение, ток, мощность: активная, реактивная, полная, коэффициент мощности ( $\cos \phi$ ), энергия.

Измерительное оборудование было установлено на вводном автомате распределительного устройства. Схема подключения устройства к сети изображена на рисунке 1.

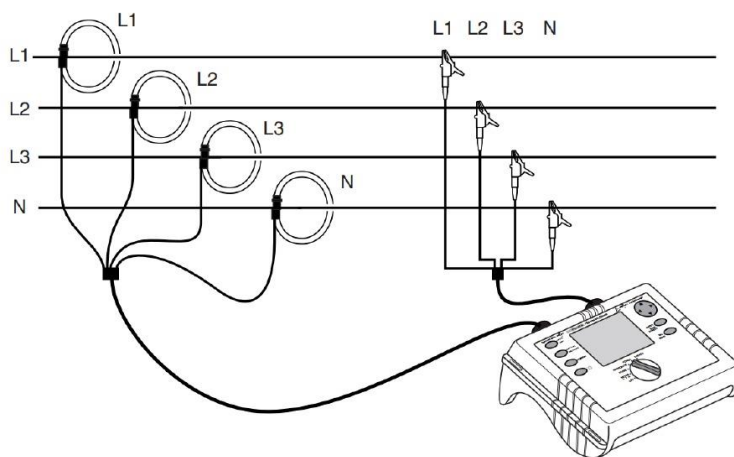


Рисунок 1 – Схема подключения измерительного оборудования к сети

Результаты проведенных исследований представлены в таблице 1.

Проведенный анализ полученных измерений показал, что изменение напряжения в сети составляет от 202 В до 235 В. Из таблицы – видно, что максимальное и минимальное напряжения на фазах L1, L2, L3 значительно превышает нормально-допустимые значения напряжений по ГОСТу 13109-97 - Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения, а именно  $220\text{В} \pm 5\%$  (209 – 231В).

Таблица 1 – Результаты измерений параметров качества электроэнергии

Параметр	Фаза	Максимальное значение	Среднее значение	Минимальное значение
Напряжение, В	L1	233,08	223,75	203,23
	L2	232,43	222,91	201,95
	L3	234,9	225,74	204,55
Сила тока, А	L1	730,64	158,21	42
	L2	762,41	172,57	50,59
	L3	732,27	165,69	48,55
Мощность активная, кВт	L1	117,64	26,94	6,18
	L2	123,09	29,14	7,47
	L3	118,47	28,28	7,14
	Σ	358,59	84,36	20,88
Мощность реактивная, кВар	L1	96,99	22,11	5,91
	L2	98,49	24,22	7,53
	L3	98,19	23,58	7,17
	Σ	293,67	69,92	21,39
Мощность полная, кВА	L1	152,07	34,99	9,42
	L2	157,71	38,05	11,25
	L3	153,54	36,98	10,98
	Σ	462,63	110,01	31,68
Коэффициент мощности (cos φ)	L1	0,94	0,78	0,37
	L2	0,95	0,78	0,42
	L3	0,92	0,78	0,42

Потребление электроэнергии за сутки составило:

- активная энергия -3333,9кВт·ч,
- реактивная энергия - 2768,6кВАр·ч.

Также из таблицы - видно, что среднее значение коэффициента мощности составляет 0,78. Наличие в системе нагрузок с реактивным характером (моторы, насосы, отопительные приборы, вентиляция и кондиционеры) приводит к увеличению реактивной мощности и снижению коэффициента мощности. В зависимости от конкретной системы, устранение описанной выше проблемы может сэкономить 10- 40% энергии в зависимости от степени проявления каждого из негативных факторов.

Таким образом, после проведения анализа параметров качества электроэнергии были выявлены проблемы в параметре отклонение напряжения, а также зафиксировано низкое значение cosφ. Комплекс мероприятий, направленный на улучшение параметров качества электроэнергии включает в себя: установку энергосберегающего стабилизирующего устройства, а также применение установки УКРМ (устройство компенсации реактивной мощности). Данные мероприятия позволят: стабилизировать напряжение на предприятии, уменьшить потребляемую мощность; снизить потери в распределительных сетях; повысить коэффициент мощности; продлить срок службы производственного оборудования; защитить оборудование от импульсных высокочастотных помех.

При выполнении работы было выполнено исследование параметров качества электроэнергии на действующем предприятии. Представлена схема подключения измерительного оборудования. Обоснована необходимость применения устройств стабилизации напряжения и компенсации реактивной мощности.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. – Москва: Стандартинформ, 2013. – 39 с. – Текст : электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200104301>. – Режим доступа: свободный.
2. Дубинин В.В. Контроль показателей качества электроэнергии в промышленных электрических / В.В. Дубинин, А.Н. Попов // Ползуновский вестник. – 2013. – №4-2. – С. 66-71. – Текст: непосредственный.

## ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ ПРИ ПИТАНИИ СТОРОННИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ОТ ТЯГОВЫХ ПОДСТАНЦИЙ

Гречко Николай Федорович, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: kolyanyeah2013@yandex.ru

Научный руководитель - Грибанов Алексей Александрович, к.т.н., доцент, e-mail: diread@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены проблемы электромагнитной совместимости сторонних потребителей, получающих энергию от тяговых подстанций сети переменного тока железных дорог РФ, выявлены причины, вызывающие помехи в работе аппаратуры и падения напряжения у сторонних потребителей. Приведены вероятные способы решения улучшения электромагнитной совместимости путём внедрения автоматизированных устройств поперечной компенсации.*

**Ключевые слова:** тяговые подстанции, электромагнитная совместимость, сторонние потребители, автоматизация, УПК, СТК.

На 2022 год более 50 % железных дорог на территории РФ являются электрифицированными. Значительная часть из них электрифицирована однофазным переменным током промышленной частоты 50 Гц. Последние 25 лет преобладает именно переход от постоянного тока к переменному. Это во многом обусловлено возможностью меньшей количественной расстановки тяговых подстанций, что достаточно весомо при электрификации труднодоступных участков.

Электромагнитной совместимостью называется способность технических средств функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам. В вопросе питания сторонних потребителей от тяговых подстанций электромагнитная совместимость играет весомую роль.

Основным потребителем электрической энергии тяговой подстанции является подвижной состав. В режиме тяги он потребляет электрическую мощность, а в режиме рекуперации отдаёт её обратно в сеть. Кроме того, от тяговых подстанций получают питание нетяговые и сторонние потребители. Нетяговые потребители – это электроустановки, принадлежащие разным службам дороги, электроустановки на железнодорожных станциях, переездах и прочих объектах, аппаратура связи и автоблокировки. Сторонними потребителями электрической энергии являются разного рода юридические и физические лица - пристанционные посёлки, ж/д казармы и т.д.

По отношению к высшим гармоникам контактная сеть является линией с распределёнными параметрами. Волновые процессы в системе тягового электроснабжения сопровождаются резонансными явлениями, вызывающими искажения кривой напряжения и тем самым негативно сказываются на электромагнитной совместимости в устройствах связи, автоматики и в чувствительном электронном оборудовании [2]. В качестве одной из мер, направленной на снижение этого влияния – прокладывание линии связи кабелем и реконструирование автоматики.

Основная нагрузка тяговой подстанции изменяется не только во времени, но и перемещается в пространстве. Подвижной состав является значительным потребителем электрической мощности, особенно в районах со сложным профилем пути, представляя собой нелинейную нагрузку, оказывающую существенное влияние на напряжение в распределительных электрических сетях стационарных железнодорожных потребителей, когда они получают питание от тяговых подстанций или линий продольного электроснабжения. Это также приводит к ухудшению качества электроэнергии у сторонних потребителей.

В настоящее время существуют небольшое число распределительных подстанций для питания сторонних потребителей без питания тяговой нагрузки [1]. Разделение всех подстанций на тяговые и, образно говоря, нетяговые потребует весьма крупных затрат.

Для устранения вышеперечисленных проблем с помехами в связи и автоматике применяются традиционные фильтрокомпенсирующие устройства (ФКУ), значительная часть из которых не имеет возможности регулирования компенсации реактивной мощности [1]. Необходимо внедрение многофункциональных устройств, осуществляющих подавление резонансных режимов и регулирование реактивной мощности, обеспечивая наибольшую электромагнитную совместимость тяговой сети и сторонних потребителей.

Проходят испытания и опытный процесс внедрения цифровые тяговые подстанции – электроустановки с высоким уровнем автоматизации, в которой многие процессы информационного обмена между элементами подстанции, а также управление работой осуществляется в цифровом виде, внедряется микропроцессорная защита и автоматика [1]. Существующая ныне система оперативно-диспетчерского управления системой электроснабжения имеет следующие недостатки:

- низкая оснащённость коммутационных устройств с дистанционным управлением, а также измерительных устройств с передачей данных в энергодиспетчерский пункт;
- отсутствие программного обеспечения, обеспечивающего в реальном времени оптимизацию режимов на основе информационной модели системы электроснабжения.

В последние годы на подстанциях находят применение устройства поперечной компенсации (УПК) с тиристорно-реакторной группой. Одним из таких устройств является СТК – Статический Тиристорный Компенсатор [3]. За счёт управления углом включения тиристорov осуществляется изменение реактивного сопротивления устройства и самой линии. Тем самым, устройство снижает падение напряжения в линии электрической сети. Немаловажным плюсом его применения является отсутствие привода, соответственно, и подшипникового узла, как в традиционных синхронных компенсаторах, что продлевает ресурс самой установки. Устройство способно прослужить 20 лет (при условии замены комплектующих, срок службы которых меньше).

При наличии должной автоматизации управления данным способом можно было бы стабилизировать падение напряжения у сторонних потребителей тяговых подстанций и производить компенсацию реактивной мощности, в большинстве своём потребляемой тяговой нагрузкой.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Третьяков Е.А. Совершенствование методов управления передачей и распределением электроэнергии в адаптивных системах электроснабжения стационарных потребителей железных дорог: специальность 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»: диссертация на соискание учёной степени доктора технических наук / Третьяков Евгений Александрович; Омский государственный университет путей сообщения. – Омск, 2021. – 377 с. – Библиогр.: с.335-360. – Текст: электронный.

2. Сташков И.А. Многофункциональные фильтрокомпенсирующие устройства для повышения качества электроэнергии в электроэнергетических системах с тяговой нагрузкой: специальность 05.14.02 «Электрические станции и электроэнергетические системы»: диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / Сташков Иван Анатолье-

вич; Иркутский государственный университет путей сообщения. – Красноярск, 2016. – 144 с. – Библиогр.: с.134-142. – Текст: электронный.

3. «Сильные сети» на базе FACTS. –Текст: электронный // Студми. Учебные материалы для студентов: [сайт]. – 2022. – URL: [https://studme.org/138522/tehnika/silnye\\_seti\\_baze\\_facts](https://studme.org/138522/tehnika/silnye_seti_baze_facts) (дата обращения: 29.03.2022).

## ОБОСНОВАНИЕ И КРИТЕРИИ ВЫБОРА ДИММИРУЕМОЙ СВЕТОДИОДНОЙ ЛАМПЫ

Дрозд Роман Андреевич, магистрант кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:roma.drozd@list.ru

Научный руководитель - Попов Андрей Николаевич, к.т.н., доцент,  
e-mail:popov.a.n@mail.altstu.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Показаны преимущества и обоснование применения диммируемых светодиодных ламп. Показан принцип работы диммера, а также приведено обоснование невозможности диммирования обычных светодиодных ламп. Приведены и описаны критерии выбора диммирующей светодиодной лампы, влияющие как на качество, так и на назначение светодиодной лампы, на которые следует обратить внимание перед покупкой. Также приведены наиболее известные производители диммируемых ламп.*

**Ключевые слова:** диммируемая светодиодная лампа, критерии выбора, световой поток, срок службы прибора, цветопередача, диммер, пределы диммирования.

Еще не так давно произвести выбор электрической лампочки было довольно просто. Достаточно было знать желаемую мощность лампы. Но с появлением на рынке все больших видов энергосберегающих ламп, делает данный выбор не таким простым.

В данной статье рассмотрим правильность выбора диммируемых светодиодных ламп, поскольку именно данный вид световых приборов является более экономичным и простым в эксплуатации.

Для того, чтобы понять, как правильно выбрать диммируемую лампу, для начала дадим определение.

Диммируемая лампа - это устройство, оснащенное блоком с функцией ШИМ (широтно-импульсная модуляция). В своей конструкции блок имеет схему, которая позволяет распознавать регулировку. Стабилизатор, который находится в корпусе и управляется от схемы, меняет яркость освещения.

Надо знать, что обычные светодиодные лампы нельзя включать через диммер, поскольку данные устройства несовместимы. В противном случае, данная лампа будет мигать и слабо светить, а также они перегорят всего за два месяца использования. Все дело в конденсаторе, к которому поступает некоторое количество тока даже в выключенном состоянии. После его зарядки, конденсатор разряжается на диод, который время от времени вспыхивает, несмотря на выключенное состояние.

Принцип работы диммера состоит в том, что, благодаря светорегуляторам есть возможность изменять интенсивность освещения. Благодаря изменению напряжения в трансформаторе или реостате происходит регулирование мощности в диммере. Для таких ламп выпускают специальные устройства светорегулирования. Поэтому при неверном выборе светорегулятора для диммирующей лампы можно столкнуться с такими проблемами как: гул, треск, резкая смена яркости, вспыхивание на полную мощность всех светодиодных ламп при включении.

Использование светодиодных ламп с диммером позволит экономить электроэнергию (потребление электроэнергии у данных ламп на 90% ниже, чем у ламп накаливания). Диммируемые светодиодные лампы обладают еще рядом преимуществ, таких как: длительный период службы (до 30 тысяч часов), высокий индекс цветопередачи, отсутствие излучения ИК

и УФ спектра, а также на данную продукцию гарантийный срок 36 месяцев, что позволяет, в случае брака, заменить данную лампу на новую.

При выборе диммирующей лампы следует обращать на следующие критерии:

1. Мощность устройства и рабочее напряжение. Производители выпускают диммируемые светодиодные лампы мощностью от 1 до 25 Вт. К примеру, светоотдача такой лампы на 10 Вт, по световому потоку и энергопотреблению будет эквивалентна лампе накаливания на 75 Вт.

Напряжение, на которое можно подключить светодиодную диммирующую лампу, зависит от характеристик блока питания. Так, если напряжение в системе электроснабжения сильно скачет и может достаточно сильно отличаться от 220 В, то следует приобретать модели с широким интервалом входного напряжения. К примеру, от 170 до 250 вольт.

2. Световой поток и пределы диммирования. Минимальный уровень у светодиодной лампы, до которого можно снизить яркость освещения, составляет 10%. Но модели от разных производителей могут по-разному реагировать на снижение яркости и иметь свой минимум. И даже при 10% яркости, некоторые модели могут светить достаточно сильно. Поэтому следует выбирать модели с низким уровнем включения-выключения. Следует помнить, что соотношение мощности и яркости не всегда отображает полную картину. Поэтому следует обращать внимание на показатель светового потока, который указывается на упаковке товара в Люменах.

3. Мерцание света. Поскольку данное явление вызывает ощущение дискомфорта, усталости и негативно сказывается на состоянии глаз, следует проверять лампы, перед покупкой. Данный эффект особенно проявляется у дешевых некачественных моделях. У качественных моделях мерцание слабое и для глаз человека незаметно.

4. Форма лампы. Это немаловажный критерий выбора лампы, поскольку правильный выбор колбы, позволит достичь желаемого эффекта. К примеру, осветить все помещение равномерно или создать узконаправленный световой луч.

5. Цветовая температура и цветопередача. Показатель цветовой температуры измеряется по шкале Кельвина и характеризует источник света в виде его спектрального состава. Данный показатель следует выбирать от назначения лампы и от предпочитаемого тона света (теплый или холодный). Показатель цветопередачи, в свою очередь, обозначает уровень соответствия видимого цвета предмета его настоящему цвету. Были разработаны индексы, оценивающие качество света по 15, по 99 цветам. Следует выбирать лампу с высокими показателями по данным индексам.

6. Срок службы прибора. Следует знать, что время работы диммируемой светодиодной лампы зависит не только от качества изготовления лампы, но также от условий ее эксплуатации и может варьироваться от 15 до 40 тысяч часов при условиях правильной эксплуатации. Также нужно учитывать, что лампы с вентиляцией цоколя служат дольше, поскольку из-за охлаждения они меньше перегреваются.

7. Цоколь и корпус устройства. Широко применяют цоколи E14 и E27, поскольку они имеют стандартное резьбовое соединение. Лампу с цоколем E27 применяют для закрытых светильников, а E14 – в открытых светильниках.

На данный момент на рынке можно увидеть продукцию диммируемых светодиодных ламп от таких производителей как: Uniel, Philips, Gauss некоторых других. Каждая из перечисленных компаний выпускает лампы со своими преимуществами и недостатками и характеристиками, поэтому перед покупкой необходимо тщательно выбирать модель и производителя, чтобы во время эксплуатации не было ни каких проблем и диммируемая светодиодная лампа проработала как можно дольше.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Как устроены и работают диммируемые светодиодные лампы в отличие от обычных. – Текст: электронный – URL: <http://elektrik.info/main/lighting/1563-kak-ustroeny-i-rabotayut-dimmiruemye-svetodiodnye-lampy.html>–Режим доступа: свободный.

2. Диммер. – Текст: электронный – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Диммер>–Режим доступа: свободный.

3. Диммируемые светодиодные лампы: советы по выбору, обзор лучших производителей. – Текст: электронный – URL: <https://sovet-ingenera.com/elektrika/rozetk-vykl/dimmiruemye-svetodiodnye-lampy.html>–Режим доступа: свободный.

## СИСТЕМА АДАПТИВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Зими́на Людмила Александровна, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий, e-mail: [lyusya-zimina21@mail.ru](mailto:lyusya-zimina21@mail.ru)

Научный руководитель - Попов Андрей Николаевич, к.т.н., доцент, e-mail: [oleandr78@mail.ru](mailto:oleandr78@mail.ru)  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В данной работе предложено решение вопроса о снижении расходов на осветительную нагрузку промышленных предприятий. Предлагается применить систему адаптивного освещения, которая будет изменять яркость осветительных установок с учетом влияния естественного освещения и нахождения человека на рабочем месте. Представленное решение способно снизить потребление электрической энергии осветительными приборами и повысить комфортность условия труда.*

**Ключевые слова:** осветительная нагрузка промышленных предприятий, автоматическое регулирование освещения, оптимизация режимов работы освещения, эффективность системы освещения, искусственное освещение.

Осветительная нагрузка на промышленных предприятиях потребляет значительную часть электроэнергии от общего электропотребления, которая составляет от 5% до 30% [5]. Разработка системы адаптивного освещения позволит снизить расходы на потребляемую осветительными установками электрическую энергию, а также избавит рабочий персонал от зрительного дискомфорта, который приводит к утомлению, уменьшению сосредоточенности и отвлечению внимания, что повышает вероятность брака продукции на производстве [2].

Система адаптивного освещения способна оптимизировать режимы работы искусственного освещения в помещениях, т. е. яркость осветительных установок будет автоматически изменяться от 0% до 100% в зависимости от таких факторов как: интенсивность естественного освещения и присутствие человека в помещении.

Для оценки эффективности системы предполагается разработать инженерный образец устройства на основе структурной схемы, представленной на рисунке 1.

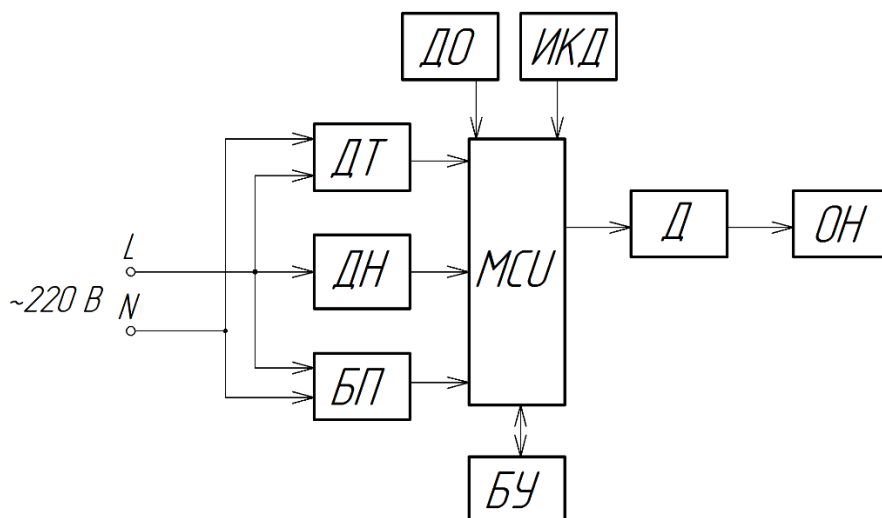


Рисунок 1 – Структурная схема инженерного образца

На структурной схеме представлены основные блоки системы, которые выполняют определенные задачи.

Делитель напряжения (ДН) преобразует входное измеряемое напряжение так, чтобы его величина соответствовала входному диапазону аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) микроконтроллера.

Датчик тока (ДТ) измеряет значение входного аналогового тока.

Блок питания (БП) преобразует фазное напряжение в постоянное напряжение необходимой величины для питания блоков MCU, ДО, ИКД.

Датчик освещенности (ДО) определяет интенсивность света в помещении.

Инфракрасный датчик (ИКД) или датчик движения предназначен для фиксирования перемещения объектов.

Микроконтроллер (MCU) с помощью ДТ и встроенного АЦП измеряет аналоговые величины тока и напряжения, получает информацию с ДО и ИКД, и в соответствии со своим алгоритмом выполняет определенное действие.

Блок управления (БУ) предназначен для того, чтобы пользователь мог отслеживать параметры и задавать уставки, а именно: указывать нормируемую освещенность по зонам согласно СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение [4] и ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий [3], число осветительных приборов, распределенных по зонам, продолжительность бездействия, после которого следует отключение.

Диммер (Д) плавно регулирует яркость осветительных ламп.

Осветительная нагрузка (ОН) – лампы, яркость которых автоматически регулируется.

Внедрение рассмотренной системы снизит долю электрической энергии приходящейся на освещение благодаря автоматическому изменению мощности светового излучения искусственного освещения, которое будет происходить в зависимости от определенных внешних параметров. Также плавное регулирование потока света ламп уменьшит число включений и отключений коммутационных аппаратов, тем самым продлит их время безотказной работы и срок службы ламп [1]. Установив яркость осветительной нагрузки соответственно нормам освещения на промышленных предприятиях, производство добьется снижения травматизма, повышения эффективности и работоспособности персонала.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ахтулов И.И. Автоматическая система управления освещением промышленных предприятий / И.И. Ахтулов, Д.О. Глухов // Научное обозрение, технические науки. – № 3. – 2020. – С. 5-9. – Текст: электронный. – URL:[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_43030014\\_74850594.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_43030014_74850594.pdf). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Милых А.В. Управление режимами освещения промышленных предприятий / А.В. Милых, А.В. Никонов // Сборник трудов конференции. – 2015. – С. 64-70. – Текст: электронный. – URL:[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_23439876\\_36262490.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_23439876_36262490.pdf) – Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. ГОСТ Р 55710-2013. Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений : национальный стандарт Российской Федерации : дата введения 2014-07-01/Изд. официальное. – ООО «ВНИСИ», 2013. – 59 с. – Текст: электронный. – URL:<https://docs.cntd.ru/document/1200105707>– Режим доступа: свободный.

4. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение : строительные нормы и правила Российской Федерации : дата введения 1996-01-01/Изд. официальное. – ООО «ВНИСИ», 1995. – 50 с.– Текст: электронный. – URL:<https://docs.cntd.ru/document/871001026>– Режим доступа: свободный.

5. Хабибрахманов Н.И. Оптимизация систем освещения промышленных предприятий / Н.И. Хабибрахманов, Н.В. Денисова // Сборник трудов конференции. – 2019. – С. 297-303. – Текст : электронный. – URL:[https://elibrary.ru/download/elibrary\\_39542215\\_77249734.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_39542215_77249734.pdf) – Режим доступа: для авториз. пользователей.

## ГЕОГРАФИЧЕСКИ ПРАВИЛЬНОЕ РАСПОЛОЖЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЗАРЯДОК НА ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА БАРНАУЛ

Ивлев Андрей Олегович, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:iva-slg@mail.ru

Научный руководитель – Грибанов Алексей Александрович, к.т.н., доцент,  
e-mail:diread@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Проведено исследование темпов роста количества электрических автомобилей. Изучены темпы внедрения электрических зарядных станций в России. Сделан анализ распространения зарядных станций в регионах. Рассмотрены проблемы и перспективы их распространения в городе Барнаул. Обозначены цели исследования. Дана оценка лучших условий для расположения зарядных станций на территории города. Выявлены выгодные места для установки.*

**Ключевые слова:** *электромобиль, электрическая зарядная станция, перспектива, торговый центр, выгода.*

Электромобили с каждым годом пользуются всё большим и большим спросом. Но по сравнению с общемировыми показателями, спрос на электромобили в России растёт крайне небольшими темпами. По данным на 2021 год рынок электромобилей составляет 0,1% от общего числа автомобилей. В связи с этим государство приняло ряд экономических мер для увеличения этого показателя до 15% к 2030 году [1].

Наибольшее распространение электромобили получили в крупных городах, как удобное и экономичное транспортное средство. Но основная проблема, с которой сталкиваются владельцы таких авто - это небольшое количество электрических зарядных станций (ЭЗС) на городских улицах. По данным Газета.Ру, с 2018 года их число на территории России выросло втрое. Традиционно, лидерами по количеству ЭЗС являются города мегаполисы. В Москве таких станций около 100, в Санкт-Петербурге 28. Среди остальных региональных центров их количество не превышает 2-3 станций [2].

В Алтайском крае первая ЭЗС появилась в конце 2018 года. Она была установлена в городе Барнаул на Правобережном тракте. Лишь через 3 года, в декабре 2021 года были открыты ещё 2 станции. Одна станция у гостиницы «Центральная» по адресу пр. Ленина 57 и ещё одна на пр. Социалистический 109. В 2022 планируется запуск ещё 32 таких заправок на всей территории города. Их установят возле крупных торговых центров, а также на территориях АЗС [3].

Цель моего исследования - выяснить, какие места в городе являются наиболее выгодными для установки электрических заправок с практической и экономической точки зрения.

С моей точки зрения, ставить ЭЗС на территории существующих АЗС в черте города нецелесообразно, так как жители города в случае потребности в целях экономии личного времени предпочтут прибегнуть к помощи других автолюбителей, чтобы довезти разрядившийся электромобиль до места жительства, чем ждать пока автомобиль зарядится на АЗС. Напротив, установка ЭЗС на парковках крупных ТЦ и магазинов кажется мне более перспективной, так как жители любят проводить в них свободное время, и обычно проводят в них несколько часов.

Установка таких заправок на парковках крупных ТЦ увлечёт клиентов задержаться в магазинах подольше, следовательно, популярность электрозаправок среди населения возрастёт.

На территории Барнаула расположено большое количество ТЦ. Самые крупные из них находятся на крупных улицах, таких как проспект Ленина, проспект Красноармейский, улица Малахова, проспект Строителей, улица Попова, Павловский тракт. На их территории достаточно поставить по 1 ЭЗС, так как поток автомобилей на них не большой. Если же они не будут справляться с нагрузкой, то возможна установка дополнительных станций.

Наиболее крупными и популярными среди жителей города являются ТРЦ Европа, Арена, GALAXY, Алтай, Пионер, СИТИ-Центр. На их территории следует устанавливать по 2 станции, так как поток автомобилей на них гораздо больше.

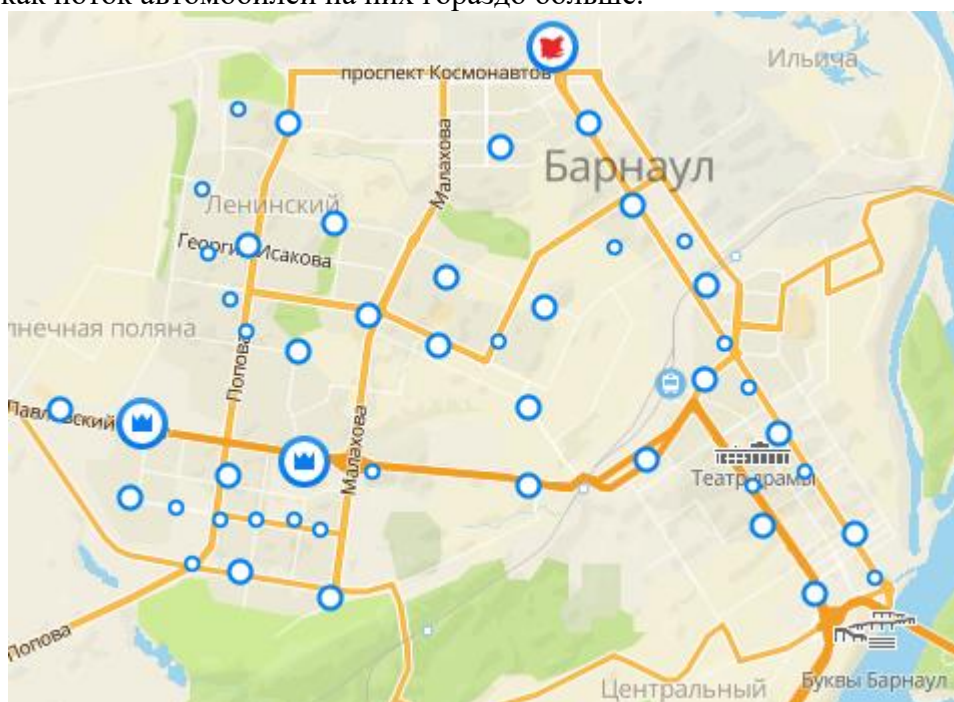


Рисунок 1 – расположение ТЦ на территории города Барнаул

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. АВТОСТАТ Аналитическое агенство: [сайт] / учредитель ООО «АВТОСТАТ». – Тольятти, 2017. – Обновляется в течение суток. – URL: [https://www.autostat.ru/editorial\\_column/47897/](https://www.autostat.ru/editorial_column/47897/) (дата обращения 08.04.2022). – Текст: электронный.
2. Газета.Ру: [сайт] / учредитель АО «Газета.Ру». – Москва, 1999. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://www.gazeta.ru/business/2020/02/02/12939890.shtml> (дата обращения 08.04.2022). – Текст: электронный.
3. Ежедневная газета «Вечерний Барнаул»: [сайт] / учредитель администрация города Барнаула. – Барнаул, 1993. – Обновляется в течение суток. – URL: <https://barnaul.press/news/v-barnaule-roiyavilis-pervye-elektrozpravki.html> (дата обращения 09.04.2022). – Текст: электронный.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ЗЕРНООБРАБАТЫВАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА В КАЧЕСТВЕ ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Казаков Денис Анатольевич, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:blackcrown@mail.ru

Научный руководитель - Мартко Екатерина Олеговна, к.т.н., доцент, e-mail:martnight@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Произведен анализ актуальности использования биогазовой установки для выработки энергии и утилизации отходов зернообработывающего комплекса. Приведены обоснования использования метода пиролиза и его характеристика. Показаны возможности применения биогазовой установки в качестве источника электроэнергии, работающей по методу пиролиза. Приведена принципиальная схема циркуляционного газификатора с псевдооживленным слоем биомассы и описан принцип его работы.*

**Ключевые слова:** биогаз, биогазовая установка, метод пиролиза, циркуляционный газификатор, газо-генератор.



Постоянный технологический рост и увеличение численности населения являются одними из основных факторов, вследствие которых увеличивается потребление электрической энергии. Ныне ископаемое топливо является лидером по использованию в жизни человечества и применяется в разных областях от энергетики до машиностроения, но ископаемое топливо конечно и человечеству в скором времени придется искать альтернативу ископаемому топливу, как источнику энергии. Вследствие этого альтернативные источники энергии в ближайшее время станут основой для будущей энергосистемы человечества. Однако, несмотря на теоретическую обоснованность и практическую необходимость, физическая реализация идеи об использовании альтернативных источников энергии является затруднительной [1, 2].

Растениеводство в Алтайском крае является одним из крупнейших среди регионов в РФ, основными направлениями которого являются зерновое производство, кормопроизводство, выращивание масляных и других культур. Относительно общей реализации сельскохозяйственной продукции растениеводство составляет порядка 45%. По объему производства зерна край входит в пятерку регионов страны. Стоит отметить, что около 40% отходов сельского хозяйства приходятся именно на растениеводство, а для их утилизации, возможно использовать преобразование в биогаз и последующее использование его в промышленном газогенераторе высокой мощности, что позволит обеспечить электрической энергией производство (предприятие).

Промышленные газогенераторы высокой мощности (порядка 500 кВт и выше) не производятся в России, по большей части их выпускают в таких странах как Дания, США, Япония, ФРГ, Китай и ряд других, которые преуспели в использовании данной технологии.

Биогаз - вид биотоплива, образующийся естественным путем в процессе разложения органических отходов. Биогаз преимущественно состоит из метана (55-80%), двуокиси углерода (20-45%) и примесей сероводорода, аммиака, оксидов азота и фосфора (менее 1%). Так как в исследовании в качестве биоматериала рассматриваются отходы зерно обрабатывающей промышленности (лузга), то был выбран метод пиролиза, имеющий следующие преимущества:

- лузга содержит низкое количество белка, а, следовательно, брожение в бродильной камере будет занимать значительное количество времени, в тоже время пиролиз займет будет проходить намного быстрее;
- окупаемость установки, работающей на методе пиролиза, может начаться сразу же после запуска, в то время как бродильные камеры займут еще 1-2 года для начала процесса гниения.

Метод пиролиза заключается в необратимом химическом изменении отходов под действием температуры без доступа кислорода. По степени теплового воздействия на вещество пиролиз разделяется на низкотемпературный – до 900°C – и высокотемпературный – свыше 900°C. Возрастание температуры приводит к увеличению количества получаемого газа и уменьшению объемов выхода жидких и твердых продуктов. При высокотемпературном пиролизе происходит газификация отходов [3].

В настоящее время из иностранных производителей можно выделить Китай, так как данная страна имеет более выгодное географическое положение, что вносит коррективы в ценообразование и скорость доставки оборудования.

Китайские компании преуспели во внедрении данной технологии и ныне компания POWERMAX WUXI TENENG POWER MACHINERY CO., LTD является одной из первых по производству и качеству оборудования для производства биогаза методом пиролиза.

На рисунке 1.1 приведен принципиальный вид газогенераторной установки.

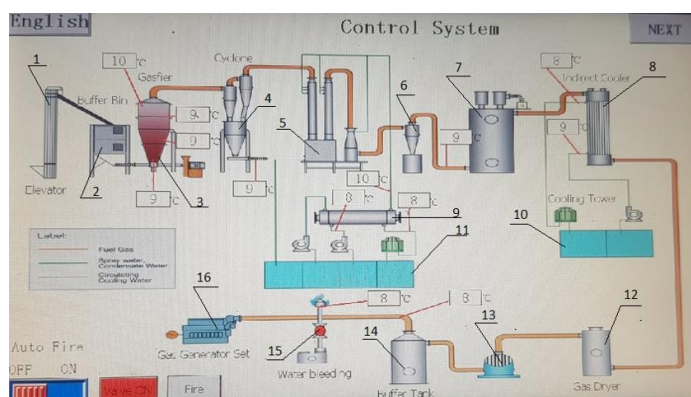


Рисунок 1.1 – Принципиальная схема работы газогенераторной установки

1 – ковшовый элеватор; 2 – буферный бункер биомассы; 3 – газифицированная печь; 4 – циклонный пылесборник; 5 – буферный короб золоулавливания; 6 – гидроциклонный пылесборник; 7 – сухой электростатический осадитель (электростатический фильтр); 8 – побочный охладитель; 9 – трубчатый теплообменник; 10- водный резервуар для буферного короба золоулавливания и гидроциклона; 11 – водный резервуар для побочного охладителя; 12 – газовая сушилка; 13 – воздуходувка рутса; 14 – буферный бак газа; 15 – гидрозатвор и газовый факел; 16 – газовый двигатель переменного тока

Краткое описание принципа работы установки:

Ковшовый элеватор используется для доставки шелухи овса, проса, гречневой лузги в буферную корзину (бункер), которая хранит шелуху овса, проса, гречневую лузгу перед подачей их в нижней части газификатора.

Циркуляционный газификатор с псевдоожиженным слоем биомассы – это газификатор с псевдоожиженным слоем и циркуляцией в кипящем слое с восходящим потоком, в котором шелуха овса, проса, гречневая шелуха подаются вместе с воздухом на входном отверстии реактора в нижней части. Добываемый газ извлекается в верхней части реактора.

В газификаторе с циркуляцией кипящего слоя биомассы шелухи овса, проса, гречневой лузги очень хорошо газифицируются с воздухом, потому что, шелуха овса, проса, лузга гречихи небольшого размера, высушена и очень однородна.

Извлечение производимого газа и золы из реактора осуществляется при помощи воздуходувки Рутса, расположенной после газовой сушилки в системе очистки и охлаждения газа. Двигатель вентилятора Рутса также является инверторным, поэтому его можно регулировать в зависимости от скорости производства.

Очистка горячего газа состоит из Циклона, Объединенного трубчатого пылесборника типа Вентури, Гидроциклонного пылеуловителя, Электрофильтров, Побочного (косвенного) охладителя, Газовой сушилки, Воздуходувки Рутса, Буферной емкости, Газового факела.

Циклон. После реактора газификатора имеются два циклонных пылеуловителя, которые используются для сбора большого размера частиц золы из горячего газа. Принцип работы состоит в том, что углеродные частицы из горячего газа оседают при прохождении через циклонный пылесборник (пылеуловитель) и собираются в бункере для сбора золы.

В бункере для сбора золы расположена водяная рубашка, шнек удаления золы соединен с бункером для сбора золы после двух циклонов, бункер будет принимать золу, и для хранения.

Объединенный трубчатый пылесборник типа Вентури. Объединенный трубчатый пылесборник типа Вентури используется для промывания газов путем распыления воды из циркулирующей распылительной емкости для охлаждения газа до 100 градусов по Цельсию и в то же время удаления небольших частиц золы в газе.

Для создания замкнутого цикла данного распыления воды, эта вода будет охлаждаться трубчатым теплообменником, затем сливаться вниз в емкость циркуляционного распылителя для осадка небольших частиц золы в эту циркуляционную водяную емкость.

Гидроциклонный пылесборник. Данное устройство предназначено для уменьшения влажности в газе после распыления воды, омывающей газ непосредственно в объединенном трубчатом пылесборнике типа Вентури.

Электростатические фильтры. Электростатический осадитель является устройством управления частицами и смолами, который использует электрические силы, чтобы перемещать частицы и смолы из потока генераторного газа на стенку трубчатого фильтра ESP. На вершине фильтра установлен повышающий трансформатор, а внутри трубка, к которой под действием электростатических сил притягиваются примеси.

Чистая вода поступает из нижней части побочного охладителя, циркулирует через рубашку труб и выходит из верхней части побочного охладителя. Для того чтобы сохранить максимальную эффективность газогенераторной установки, которая падает после побочного охладителя, необходимо сохранять температуру менее 35 °С.

Газовая сушилка. Газовая сушилка используется для отделения воды в газе, с целью уменьшения влажности в газе.

Воздуходувка Рутса. Воздуходувка Рутса используется для повышения давления генераторного газа в целях поддержания необходимого давления на входе газогенератора, а также для высасывания газа из газогенератора, чтобы поддерживать систему под отрицательным давлением.

Буферный (промежуточный) Бак. Буферный бак используется для того чтобы сбалансировать давление газа после газоочистки и одинаково распределить производимый газ в газогенераторе биомассы.

Газовый Факел. Газовый факел используется для сжигания генераторного газа, когда газогенераторная установка останавливается или перед началом её работы.

Таким образом, на основании проведенного исследования и проведенных расчетов был выбран метод пиролиза и газогенерирующая установка, работа которой основана на данном методе, а также страна-производитель исходя из экономических и географических факторов. В данной статье кратко изложена суть работы метода и выбранной установки.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Возобновляемая энергия в России. / Международное энергетическое агентство. – [Б. м.]: Международное энергетическое агентство, 2004. – 120 с. – Текст: электронный. – URL: <https://booksee.org/book/627413>. – Режим доступа: свободный.
2. Основные характеристики российской электроэнергетики: официальный сайт Министерства энергетики. – Текст: электронный. – URL: <https://minenergo.gov.ru/node/532>. – Режим доступа: свободный.
3. Получение биогаза методом пиролиза. – Текст: электронный. – URL: <https://agbz.ru/articles/poluchenie-biotopliva-s-pomoschyu-utilizatsii-organicheskikh-othodovputem-piroliza>. – Режим доступа: свободный.

#### АКТУАЛЬНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ В БАРНАУЛЕ

Колодченко Никита Владимирович, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:kolodchenko.nik@mail.ru

Научный руководитель – Белицын Игорь Владимирович, к.п.н., доцент, e-mail:b\_i\_w@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены 2 типа двигателей и произведена сравнительная характеристика их КПД с учётом потерь при транспортировке энергии и топлива, также были выделены преимущества и недостатки обоих типов двигателей и наконец, были рассмотрены несколько типов зарядок для электромобилей, которые уже есть в Барнауле. В ходе работы был сделан вывод о том, что электродвигатель куда более экономичный, экологичный и безопасный, о чем свидетельствует рост их числа в Барнауле.*

**Ключевые слова:** электромобиль, ТЭЦ, ДВС, КПД, электродвигатель, потери, АКБ

Возможно, вы слышали такое мнение, что ДВС имеет очень низкий КПД по сравнению с электродвигателями. Давайте посмотрим внимательно и сравним автомобили с ДВС и электродвигателями.

Почти 85% электроэнергии у нас вырабатывается за счёт сжигания какого-либо топлива. КПД выработки электроэнергии на электростанциях в среднем составляет 35-38% [1], но на теплоэлектростанциях (ТЭЦ) используют потерянную энергию для отопления и водоснабжения, поэтому КПД электростанции примем за 70% [2]. Затем, энергия, которую мы получили, проходит через повышающую трансформаторную подстанцию, на которой мы теряем примерно 2% энергии. Рассмотрим процесс доставки электроэнергии. Он осуществляется по ЛЭП высокого уровня напряжения, потери в которых составляют около 1,5%. Но от ЛЭП высокого напряжения мы не запитаемся, поэтому необходимо понизить напряжение с помощью понижающих трансформаторных подстанций, где потери при понижении составят ещё примерно 2-3%. Также при передаче от трансформатора до потребителя мы теряем около 6% электроэнергии. Таким образом, от 70% в процессе доставки до потребителя у нас остается примерно 63,2% от энергии сжигания топлива. Ещё нужно не забывать, о том, что нам необходимо зарядить аккумуляторы в автомобиле и при зарядке у нас тоже присутствуют потери. У современных литий-ионных аккумуляторов потери могут составлять примерно 10% и со временем эксплуатации этот процент будет постепенно увеличиваться.

Электродвигатель преобразует электрическую энергию в механическую, при этом потери составляют около 15%, что гораздо меньше, чем у ДВС. Итого мы получаем примерно 22% потерь энергии, начиная от ТЭЦ и заканчивая электродвигателем.

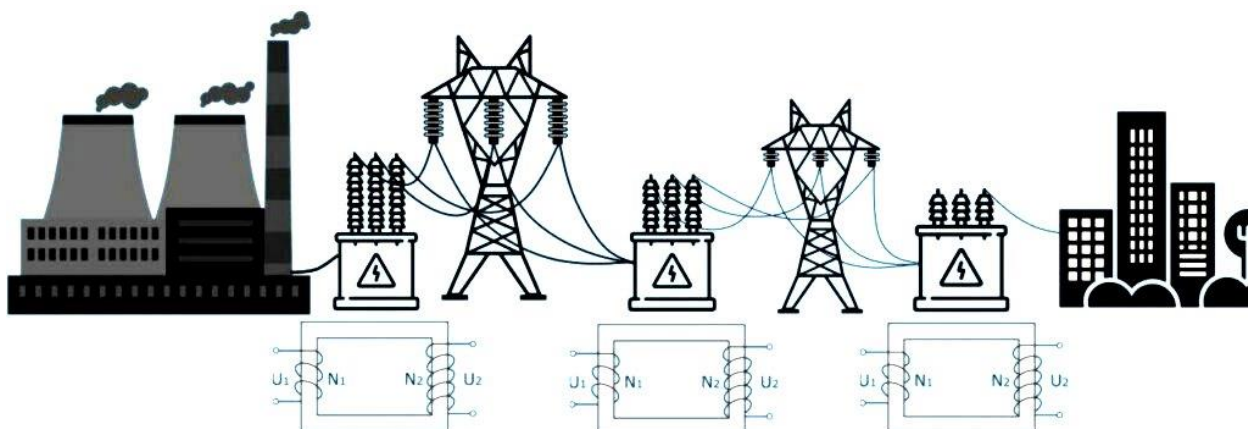


Рисунок 1 – Транспортировка электрической энергии

Чтобы получить литр бензина, нам нужно потратить 3 МДж энергии – это если учесть разведку, нефтедобычу, нефтепереработку и доставку бензина до потребителя. 3 МДж – это примерно 8-10% от энергии, которые мы получим при сгорании нашего литра.

ДВС при сжигании одной условной единицы топлива преобразуется примерно 37,5%, а если ещё отнять энергию, потраченную на изготовление топлива, то у нас выйдет примерно 34% преобразованной энергии топлива.

Таким образом, с точки зрения потери энергии электродвигатели почти на треть выгоднее, чем ДВС.

А теперь подумайте. Часто ли вы видите автомобили на дорогах общего пользования в Барнауле? Давайте представим, что все автомобили с ДВС заменили на электрокары. С какими проблемами мы столкнемся?

Одна из проблем - это производство высоковольтной аккумуляторной батареи, ведь она должна быть энергоёмкой, относительно дешевой и безвредной [3]. Дальше, в Барнауле отсутствуют условия, не только для покупки, но и для эксплуатации автомобиля. У нас нет автозарядных станций. Но и это не все препятствующие факторы. АКБ имеют свойство

стареть, поэтому возникает ещё одна проблема – утилизировать старые АКБ, содержащие ядовитые вещества. Когда люди массово начнут заряжать свои автомобили, мы можем столкнуться с проблемой перегрузки электросети. И последний недостаток – очень маленький запас хода от одного заряда. В условиях городской эксплуатации этого заряда будет хватать, но над длительными поездками лучше задуматься.

Однако, несмотря на эти недостатки, у электромобиля есть огромное преимущество – стоимость обслуживания. В электромобиле меньше запчастей и отсутствует масло и антифриз, поэтому его легче обслуживать, и у него нет вредных выбросов.

Оказалось, что спрос на машины с электродвигателем в Алтайском крае за январь-май 2021 года вырос на 85 %.

Доля среди общего объёма продаж составила 0,17 %.



Рисунок 2 –Nissan Leaf

Количество автомобилей в крае всё время растёт, как и объём перевозок. Это за собой влечёт увеличение загрязнения окружающей среды выхлопными газами ДВС и увеличение уровня шума на улицах городов. Увеличение КПД у ДВС становится всё труднее и поэтому использование электромобилей в качестве альтернативы выглядит весьма перспективным решением данной проблемы.

Электромобили - это автомобили, которые приводятся в движение электродвигателем, а не двигателем внутреннего сгорания. Питаются электромобили от топливных элементов или аккумуляторов, заряжающихся от обычной домашней сети.

В 1899 году в Санкт-Петербурге инженер-изобретатель Ипполит Романов создал первый русский электрический омнибус на 17 пассажиров, но так как система подзарядки электродвигателей была неразвита, автомобили с двигателем внутреннего сгорания выиграли негласную борьбу за преобладание на рынке. Возрождение интереса к электромобилям произошло в 1960-е годы из-за экологических проблем автотранспорта, а в 1970-е годы - и из-за резкого роста стоимости топлива в результате энергетических кризисов.

Электромобили наносят минимальный вред природе, так как двигатель не выделяет вредных веществ при работе. Замена ДВС на электродвигатели является шагом к зеленому образу жизни и к тому же позволяет сэкономить на топливе. Также в техническом плане электродвигатель даёт, куда большее ускорение и более плавный разгон в сравнении с ДВС. Ещё одним достоинством электромобилей является их высокая безопасность. В случае аварии в автомобиле сработают подушки безопасности и датчики столкновения отключат аккумуляторы, что позволит автомобилю остановиться. Благодаря этому вероятность, что люди находящиеся в салоне автомобиля получают травмы в случае аварии резко снижается.

Существуют несколько типов зарядки электромобиля:

- Медленная зарядка. Известно что, в энергосетях общего пользования протекает переменный ток, при этом электродвигатель использует постоянный ток. Преобразование происходит за счёт внутреннего зарядного устройства электромобиля, которое имеет свою пропускную способность, поэтому зарядка и называется медленной. Скорость такой зарядки составляет примерно 10 часов.

- Быстрая зарядка. Главное отличие в том, что электромобиль заряжается постоянным током напрямую без преобразования. Скорость такой зарядки составляет примерно 40 минут до 80% от емкости батареи.

Подводя итог, можно сказать, что у электромобилей есть широкие перспективы, ведь уже разрабатываются АКБ на основе наноматериалов и заправочные станции, работающие на «зелёной» энергии. Электромобили с каждым годом становятся всё более востребованы: нефть дорожает, крупнейшие промышленные страны заняты своей зависимостью от ее поставщиков. Поэтому в будущем мы можем полностью отказаться от ДВС и пересесть на электромобили.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ОАО СПАЗ – Интегратор; КПД электрических станций. – URL: <http://www.spazint.ru/energetika/energoberezhenie/kpd-elektrostantsij.html> (дата обращения: 27.03.2022). –Текст: электронный.

2. Тепловая энергетика России – обзор отрасли. – URL: <https://energoceti.ru/articles/teploenergetika-rossii>(дата обращения: 27.03.2022). –Текст: электронный.

3. Сборник статей студенческих научно-практических конференций факультета агротехники и энергообеспечения кафедры инженерной графики и механики 2014-2015 г, Орел, 12 апреля 2015 года. – Орел: Орловский государственный аграрный университет, 2015. – 290 с. . – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25874855&selid=29122860> (дата обращения: 27.03.2022). – Текст: электронный.

4. Электромобиль. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электромобиль>(дата обращения: 27.03.2022). – Текст: электронный.

#### АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Кочешкова Александра Максимовна, студент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: [aleksandra.k01@yandex.ru](mailto:aleksandra.k01@yandex.ru)

Галанина Ульяна Андреевна, студент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: [ugalanina@yandex.ru](mailto:ugalanina@yandex.ru)

Научный руководитель – Белицын Игорь Владимирович, к.п.н., доцент кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: [b\\_i\\_w@mail.ru](mailto:b_i_w@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены проблемы энергетического дефицита в Алтайском крае, приведены данные об объемах потребления и выработки электрической энергии. Произведен анализ баланса электрической энергии энергосистемы и ресурсов возобновляемых источников энергии, доступных потребителям в Алтайском крае. На основе анализа имеющихся альтернатив приведены приоритетные направления в развитии альтернативных источников энергии на территории Алтайского края.*

**Ключевые слова:** ВИЭ, альтернативные источники энергии, инсоляция, ветроэнергетический потенциал, солнечная энергия.

Перспективность исследования альтернативных источников энергии в Алтайском крае связана с острым энергетическим дефицитом. По данным схем и программ «Развитие

электроэнергетики Алтайского края» (СиПР) [1], вся вырабатываемая в Алтайском крае электроэнергия покрывает лишь часть потребностей региона, а именно по данным статистики на 2019 год (табл.1) электропотребление на территории края составляло 10067, 8 млн. кВт/ч, а выработка не превышала 6216,6 млн. кВт/ч, остальное приходится покупать за пределами края. Решением данной проблемы может стать реализация проектов в сфере альтернативной энергетики с использованием энергии ветра, воды, солнца и т.д. (табл. 2).

Таблица 1 – Баланс электрической энергии энергосистемы Алтайского края за 2015-2019 годы

Показатели	Единица измерения	Годы				
		2015	2016	2017	2018	2019
1	2	3	4	5	6	7
Электропотребление по территории энергосистемы	млн. кВт·ч	10138,6	10296,9	10221,8	10249,6	10068,9
Выработка всего, в том числе	млн. кВт·ч	7486,7	7713,6	7357,5	6897,0	6216,6
АЭС	млн. кВт·ч	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ГЭС	млн. кВт·ч	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
ТЭС	млн. кВт·ч	7486,7	7713,6	7357,5	6897,0	6216,6
КЭС	млн. кВт·ч	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Таблица 2 – Ресурсы возобновляемых источников энергии (ВИЭ), доступные потребителям на территории Алтайского края

Ресурсы ВИЭ	Технический потенциал, млн. т у.т./год	Экономический потенциал, млн. т у.т./год
Энергия малых рек	1,7	0,9
Энергия биомассы	0,3	0,2
Энергия ветра	87,4	0,4
Энергия солнечной радиации	26,0	0,2
Энергия низкопотенциальных источников тепла	3,4	0,4
Итого ВИЭ	118,8	2,1

**Ветряная энергетика или ветроэнергетика** – это одно из направлений развития ВИЭ. Согласно Генеральной схеме размещения ветряных энергетических станций Российской Федерации [2] Алтайский край можно отнести к перспективным регионам по потенциалу ветровой энергии (рис.1). Так же стоит отметить, что в современных реалиях без труда можно реализовать ветровой потенциал на территории края, учитывая стремительные инновации и тенденцию развития сектора возобновляемых источников энергии, которые уже сейчас позволяют строить ветряные генераторы различных мощностей. Однако, не смотря на постоянно растущий потенциал масштабов возможной эффективной реализации ВИЭ, существуют и недостатки, которые существенно замедляют внедрение возобновляемых источников в энергосистему края. Одним из таких недостатков в сфере ветроэнергетики можно выделить непредсказуемость вырабатываемой мощности, сложность ее регулирования, а так же высокие издержки на строительство и необходимость резервных устройств по накоплению энергии в системах автономного энергоснабжения.

Решением этой задачи может стать активная работа в области привлечения инвесторов для реализации проектов в сфере строительства электростанций использующих возобновляемые источники энергии для Алтайского края, а так же проведение ряда исследований и анализа ветрового режима в районах с благоприятным ветровым потенциалом.



Рисунок 1 – Ветроэнергетический потенциал России

Проведя анализ данных уровня инсоляции российских регионов, были сделаны следующие выводы, интенсивность солнечной инсоляции за год по Барнаулу составляет в среднем  $4,14 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$  (график 1), а количество дней с достаточным коэффициентом облучения поверхности земли солнечным светом сопоставимо с показателями южных регионов России (рис.2). Отсюда следует, что Алтайский регион обладает достаточными перспективами для развития в нем альтернативной энергетики, в частности солнечной. А это значит, что солнечная энергия может применяться не только для генерации электроэнергии, но и для получения тепловой энергии, благодаря ее накоплению в летний сезон. Так в южной части Сибири солнечные коллекторы могли бы эффективно применяться непосредственно для отопления помещений, нагрева воды и т.д. А для повышения КПД гелиоустановок необходимо повсеместно ориентировать их приемные поверхности перпендикулярно солнечным лучам, используя гелиостаты. С введением в эксплуатацию таких установок можно значительно повысить себестоимость вырабатываемой энергии.



Рисунок 2 – Инсоляция российских регионов

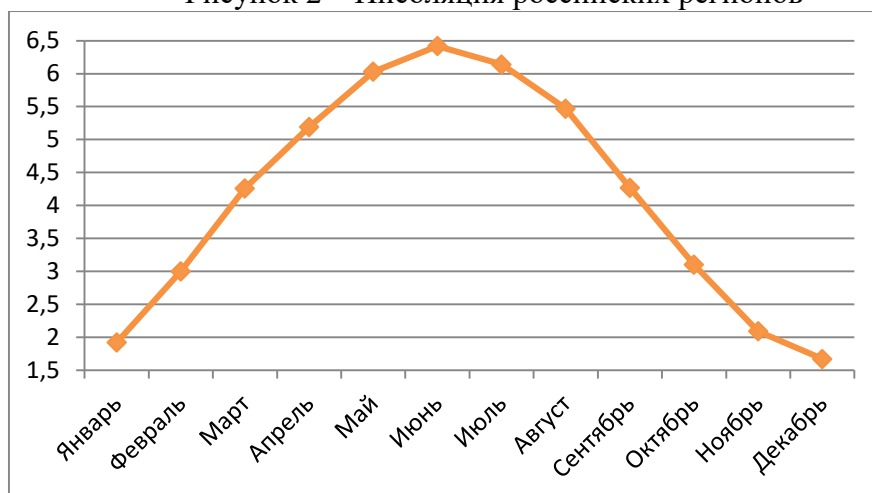


График 1 – Уровень инсоляции для г. Барнаула



Проанализировав уже имеющиеся данные на сегодняшний день по обеспеченности гелиоэнергетическими ресурсами территории РФ, можно сделать вывод о том, что в Алтайском крае солнечная энергия может быть использована в качестве второстепенного источника энергии. Но для этого необходимо расширить перечень показателей и провести дополнительные исследования микроклимата, продолжительности необходимого уровня инсоляции и выявить очаги формирования локальной облачности. Затем, уже на основе полученных данных можно произвести объективную оценку экономической эффективности гелиоустановок на территории Алтайского края, которые могли бы повысить количество генерируемой энергии и восполнить дефицит.

Таким образом, в настоящий момент ветроэнергетика и солнечная энергия являются скорее резервными ресурсами, несмотря на высокий потенциал в сфере альтернативных источников энергии, которым обладает Алтайский край.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Указ от 29 апреля 2020 года №69 Об утверждении схемы и программы «Развитие электроэнергетики Алтайского края» (СиПР). – URL: [https://docs.cntd.ru/document/570774901](https://docs.cntd.ru/document/570774901) (дата обращения: 01.04.2022). – Текст: электронный.
2. Об утверждении Генеральной схемы размещения объектов электроэнергетики на период до 2035 года. – URL: [https://minenergo.gov.ru/node/8504](https://minenergo.gov.ru/node/8504) (дата обращения: 01.04.2022). – Текст: электронный.
3. 5. Удалов Н.С. Возобновляемые источники энергии. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. 412 с. Архив погоды Т. 1, ч. 3: Гидроэнергетические, ветроэнергетические, гелиоэнергетические ресурсы. – 127 с. – URL: [http://www.rp5.ru] (дата обращения: 01.04.2022). – Текст: электронный.
4. Попель О.С., Фрид С.Е. Об использовании солнечных водонагревателей в погодных критериях средней полосы РФ. – URL: [http://ftt-plastic.ru/isolarticles/1105\_p8.php] (дата обращения: 01.04.2022). – Текст: электронный.

#### ОСНОВНЫЕ ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВ ВОЛНОВОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЙ В СЕТЯХ С ИЗОЛИРОВАННОЙ НЕЙТРАЛЬЮ

Кречетов Артём Дмитриевич, магистрант кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: xxxxxxxxx-1999@mail.ru

Научный руководитель - Попов Андрей Николаевич, к.т.н., доцент,  
e-mail: popov.a.n@mail.altstu.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*На данный момент развитие микроконтроллерных вычислительных устройств позволяет широко применять на практике и использовать наиболее эффективные методы решения существующих проблем и повышать степень автоматизации производства, практически во всех сферах жизнедеятельности людей. Касательно вопросов, связанных с определением места повреждения с применением волнового метода, на данный момент вычислительная мощность достигла необходимого уровня, требуемого для эффективного получения и обработки данных, но применительно к разработке устройств волнового ОМП существуют некоторые нюансы и технические особенности, которые будут рассмотрены в данной статье.*

**Ключевые слова:** волновой метод, изолированная нейтраль, микропроцессор, однофазное замыкание на землю, аналого-цифровой преобразователь.

В настоящее время линии электропередачи среднего напряжения (6-35 кВ) в основном представлены с изолированным режимом работы нейтрали, главной особенностью которого является возможность продолжать передачу электрической энергии при обрыве одной фазы, поэтому в таких случаях режим однофазного короткого замыкания зачастую называют

ненормальным или также замыканиями на землю, но также этот режим работы нейтрали, в некоторой степени, усложняет применение традиционных дистанционных методов ОМП или не позволяет использовать их с необходимой точностью, поскольку из-за отсутствия соединения нулевой точки с землей ток в поврежденной фазе будет определяться суммарными емкостями двух оставшихся фаз, что по итогу приводит к различию токов коротких замыканий в сетях с изолированной нейтралью и сетях с глухо заземленной или эффективно заземленной нейтралью в несколько порядков, что делает большинство методов определения местоповреждений использующих параметры режима неэффективными применительно к сетям с изолированной нейтралью, а с учетом достаточно высокой протяженности и разветвленности сетей с изолированной нейтралью определение места повреждения становится достаточно продолжительной и трудоемкой задачей.

Помимо этого, при эксплуатации сетей с изолированной нейтралью в ненормальном режиме, происходит повышенный износ изоляции работающих фаз, что в дальнейшем влечет за собой возникновение различных повреждений и замыканий в ходе дальнейшей эксплуатации линии, поэтому настолько важно в максимально возможно кратчайшие сроки устранить замыкание.

На данный момент, существующие системы определения места повреждения, использующие волновой метод, нашли свое применение на магистральных межсистемных связях, чаще всего подобные системы волнового ОМП имеют двусторонний принцип действия, из-за чего нуждаются в обязательной синхронизации по времени, которая осуществляется в основном через спутниковую связь, что в значительной степени усложняет конструкцию устройств, существенно повышает себестоимость устройства и производственные издержки. Также, подобные системы имеют стационарный характер, они устанавливаются в зависимости от конфигурации шин подстанции, либо на саму секцию шин, либо в более редких случаях на отходящие линии [1].

Таким примером может являться разработка Энергетического института им. Г.М. Кржижановского многофункционального устройства ЭНИС, способного осуществлять широкий спектр технологических опций, начиная от выполнения функции ОМП, регистрации параметров режима и их изменения во время протекания и после аварийных процессов, заканчивая измерениями показателей качества электроэнергии на ВЛ высокого и сверхвысокого напряжения. В этом устройстве осуществлялась обработка мгновенных значений напряжений и токов каждой фазы ЛЭП, синхронизируемых во времени с помощью глобальной системы.

Учитывая специфику сетей с изолированной нейтралью, а также проанализировав существующие примеры технических реализаций устройств волнового ОМП, можно сделать вывод, что разработанные и применяемые на данный момент системы, не соответствуют требованиям для осуществления возможности широкого использования их в распределительных сетях с изолированной нейтралью.

Так, например, приведенная выше система ЭНИС должна устанавливаться в начале и в конце каждой наблюдаемой линии, что в контексте использования на магистральных сетях высоких и сверхвысоких напряжений может быть вполне оправдано, поскольку такие сети обладают минимальной разветвленностью и несопоставимо большей протяженностью, а также уровень ответственности таких линий и требования по надежности, выдвигаемые к ним, могут считать вполне оправданным использование на каждой подстанции устройства, фиксирующего параметры режима, а уровень коммерческих потерь при повреждениях на этих линиях и возможность их минимизации, также в полной мере могут компенсировать затраты на приобретение и монтаж на всех ключевых элементах устройств и датчиков, фиксирующих и обрабатывающих первичные сигналы и передающих их для дальнейшей обработки на более высокий иерархический уровень системы ОМП [2].

Таким образом, принимая во внимание все вышесказанное, можно сделать вывод, что для устройства, специализирующегося на определении места повреждения в сетях с изолированной нейтралью, стационарная модель исполнения будет наименее экономически вы-

годной, поскольку установка на всех узлах сети всех необходимых датчиков и устройств требует значительных капиталовложений, поэтому при разработке устройств такого типа, следует ориентироваться на мобильное исполнение, что позволит сократить затраты на приобретение устройств различных подразделений сетевых организаций, а также позволяет при изменении точки, в которой осуществляется определение места повреждения посредством использования прибора волнового ОМП, избегать наиболее разветвленные участки сетей, которые уже были проверены, и возможность наличия повреждений на которых уже исключена. Тем самым будет достигаться наиболее эффективное использование волнового метода ОМП, поскольку наличие отпаек и разветвлений сетей вносит погрешности в конечный результат, выдаваемый устройством. А проблема снижения точности при наличии дополнительных волновых сопротивлений в сетях требует отдельного решения, таким образом, переносной вариант конструкции устройства может являться наиболее экономически целесообразным и технически оптимальным решением.

Также, отдельно стоит рассмотреть требования устройств волнового ОМП к их аналого-цифровым преобразователям, а они таковы, что характер процессов протекающих в сетях при возникновении в них повреждений или в целом изменения конфигурации сетевого комплекса, для полного и исчерпывающего анализа этих явлений требуется частота дискретизации воспринимающего органа порядка 1-2 Мвыб/сек, что является достаточно высоким, но вполне достижимым показателем и практически все линейки современных микроконтроллеров оснащаются соответствующими АЦП. Однако в противовес к относительно высокому требованию по количеству выборок, выдвигаемых к проектируемому устройству, разрядность АЦП не имеет таких жестких критериев, поскольку специфика волнового метода базируется на определении места повреждения по времени, за которое электромагнитный импульс в линии, двигающийся с определенной скоростью, пройдет путь до точки повреждения, и в месте изменения сопротивления, отразившись, начнет распространяться в сети во все стороны от места повреждения, и в том числе, обратно в сторону установленного прибора, тем самым достигая места установки прибора, по известным скорости распространения импульса и времени, за которое был пройден путь до точки нелинейности сопротивления, можно определить удаленность расположения повреждения, от точки установки самого прибора.

Таким образом, повышенные требования по частоте дискретизации, компенсируются, низкими требованиями по разрядности АЦП микроконтроллера, вычислительной мощностью которого пользуется устройство волнового ОМП, и для разработки такого устройства вполне хватит разрядности АЦП порядка 12-бит, большая разрядность не помещает, но найти микроконтроллер с характеристиками, описанными выше, достаточно легко, что только облегчает процесс разработки устройства, а также сокращает производственные издержки, тем самым снижая себестоимость устройства, повышая его конкурентоспособность на рынке и расширяя сферу его возможного применения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Закурдаев Р.Ю. Применение волнового метода ОМП в распределительных электрических сетях / Р. Ю. Закурдаев // Проблемы науки. – № 1(14). – 2017. – С. 26-30. – Текст: электронный. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28103898>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Лачугин В.Ф. Разработка и применение устройств определения места повреждения на линиях электропередачи с использованием волновых методов / В.Ф. Лачугин, Д.И. Панфилов, С.Г. Попов [и др.] // Энергия единой сети. – № 5-6. – 2021. – С. 50-67. – Текст: электронный. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=47937148>. – Режим доступа: для авториз. пользователей.

## ВЫБОР СЕЧЕНИЯ ПРОВОДОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ТОКОВЫХ ИНТЕРВАЛОВ

Кызлаков Алексей Александрович, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:leha.kyzlakov.01@mail.ru

Научный руководитель - Белицын Игорь Владимирович, к.п.н., доцент, e-mail:b\_i\_w@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассматривается метод экономических токовых интервалов. В связи с развитием технологий определение оптимального сечения проводов по экономическим токовым интервалам является нерациональным. Это обосновывается использованием в расчетах несвоевременной информации по капиталовложениям в строительство линий электропередач и тарифа на электроэнергию. Установлено, что на выбор оптимального сечения проводника оказывают влияние следующие данные: график токовых нагрузок, тарифа на оплату потерь электроэнергии, стоимости капиталовложений в постройку ВЛ.*

*Ключевые слова:* тариф на электроэнергию, экономические токовые интервалы, воздушные линии электропередач, капиталовложения в линии электропередач.

Электроэнергетическая система представляет собой совокупность источников питания, распределения электрической энергии, передачи и потребителей [1]. Одним из элементов ЭЭС являются линии электропередач. С помощью ЛЭП происходит транспорт электроэнергии к потребителю. Вследствие этого требования к ВЛ возрастают в отношении увеличения пропускной способности, уменьшения потерь электроэнергии и в повышении надежности. Основным параметром выбора проводов для ВЛ является сечение. От данного показателя зависят технические характеристики линии, а именно, сопротивление, индуктивность, пропускная способность и потери электроэнергии.

При использовании провода с большим сечением, например АС-240, по сравнению с проводом АС-70, достигается увеличение пропускной способности линии, сокращение потерь электроэнергии, но в тоже время увеличиваются капиталовложения на сооружение ЛЭП.

Метод экономических токовых интервалов основывается на следующих допущениях:

1) отсутствуют потери активной мощности на корону (корона возникает, если сечение провода меньше минимально допустимого, что, в свою очередь, связано с напряженностью электрического поля, зависящей от сечения) [2];

2) зависимость активного сопротивления от температуры не учитывается (с ростом температуры активное сопротивление линии увеличивается. Это приводит к падению напряжения на ЛЭП. Вследствие этого график экономических токовых интервалов изменяется) [3];

3) сооружение ЛЭП занимает один год (что характерно для линий с напряжением до 220 кВ), далее начинается нормальная эксплуатация линии;

4) ежегодные амортизационные отчисления от капиталовложений на обслуживание, ремонт и реновацию, а также усредненный тариф на электроэнергию не изменяются;

5) переток активной мощности по линии не изменяется.

Так как приведенный метод основывается на нескольких допущениях, его область применения существенно ограничена по причине того, что некоторые величины принимаются константами, а на самом деле они изменяются. В связи с этим возникает необходимость рассмотрения данного метода с учетом изменяющихся величин.

Рассмотрим некоторые допущения с учетом изменяющихся величин.

1) При напряжении 330 кВ и выше стоит учитывать корону, так как она приводит к большим потерям электроэнергии; вызывает радиопомехи и шум; приводит к коррозии провода.

2) При повышении температуры провода происходит увеличение активного сопротивления, что приводит к потерям электроэнергии и провисанию провода, то есть изменению стрелы провеса. При этом происходит физическая деформация самого проводника, это означает, что надежность и срок службы линии сокращаются.

3) Перетоки активной мощности в линии изменяются. В зависимости от времени перетоки различны.

Исходя из вышеперечисленного, метод экономических токовых интервалов требует создания методики, учитывающей все факторы, влияющие на токовые интервалы.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Идельчик В.И. Электрические системы и сети: учебник для вузов / В.И. Идельчик. - Москва: Энергоатомиздат, 1989. - 592 с. - Текст: непосредственный.
2. Справочник по проектированию электрических сетей/ под ред. Д. Л. Файбисовича. - Москва: НЦ ЭНАС, 2005. - 320 с. - Текст: непосредственный.
3. Железко Ю.С. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях. Руководство для практических расчетов / Ю.С. Железко, А.В. Артемьев, О.В. Савченко. - Москва: НЦ ЭНАС, 2006. - 280 с. - Текст: непосредственный.

#### ВОЗМОЖНОСТЬ РАЗГРУЗКИ ЭЛЕКТРОСЕТЕЙ С ПОМОЩЬЮ УСТАНОВКИ ГАЗОПОРШНЕВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПРЕДПРИЯТИЯ

Мешков Алексей Викторович, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:alexhm201@mail.ru

Научный руководитель – Белицын Игорь Владимирович, к.п.н., доцент, e-mail:b\_i\_w@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены перспективы применения газопоршневых электростанций на территории г. Барнаул. Выявлены основные факторы, позволяющие подтвердить рациональность использования ГПЭС на промышленных предприятиях. Рассмотрены характеристики современных газопоршневых установок, описана их эффективность, по-сравнению с сетевым питанием.*

**Ключевые слова:** ГПЭС, предприятия, производственные компании, экономия, разгрузка, современные установки

Все мы потребляем электроэнергию, а производственные компании - тем более. Многие промышленные предприятия потребляют энергию круглосуточно. Это предприятия из самых разных отраслей: автомобилестроение, пищевая и химическая промышленность

По данным на 2022 год, в Барнауле располагается около 45 производственных предприятий. Каждое из них ежегодно потребляет от 2,5 до 5 млн. кВт/ч электроэнергии. Потребление энергии всем регионом за тот же период времени составляет около 10100 млн. кВт/ч. Стоит заметить, что при этом возникает проблема – большие просадки напряжения бытовой сети по данным [1].

Имеющийся показатель потребления электроэнергии Алтайским краем является одним из самых низких по стране. Недостаток частично восполняется перетоками электроэнергии из соседних регионов. Но, не смотря на это, в крае сохраняется дефицит [1,2].

В сложившейся ситуации необходимо искать способы разгрузки электросетей. Изучив различные варианты, можно сделать вывод о том, что рациональным решением будет организация генерации электроэнергии в точках ее потребления, а конкретнее – применение газопоршневых электроустановок (ГПЭС). Данный способ решает сразу две проблемы:

- 1) Снижение нагрузки на бытовые сети
- 2) Снижение стоимости электроэнергии для предприятий за счёт использования собственных электроустановок.



Рисунок 1 – Большая ГПЭС на предприятии

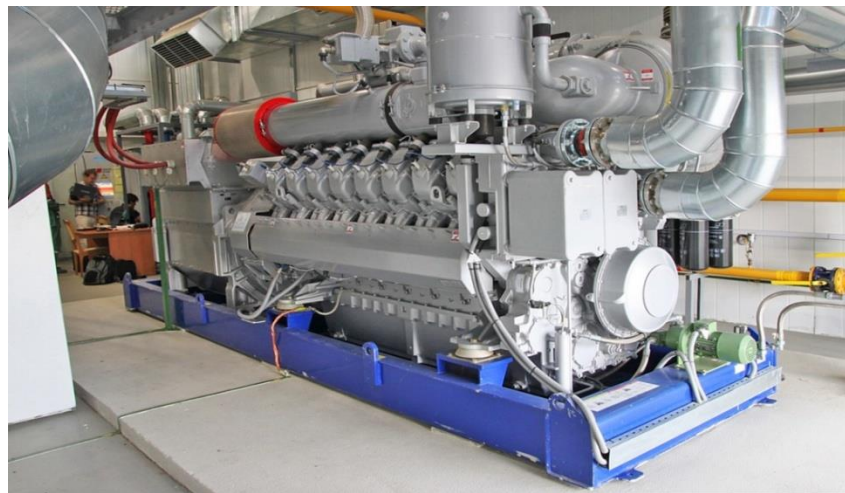


Рисунок 2 – малая ГПЭС на предприятии

Современные газопоршневые установки имеют сравнительно высокий КПД – около 43% [3].

Это значит, что из 1 куб.м газа она может выработать около 4 кВт электроэнергии. Учитывая сегодняшние тарифы на газ (6,50 руб/куб.м) [4] и электричество (5,50 руб/кВт.ч) [5] для предприятий, можно сделать вывод о том, что использование собственных электростанций выгоднее примерно в 2 раза (без учета срока окупаемости).

Нельзя отрицать того факта, что часто стоимость подключения потребителя к электросетям сравнима с затратами на реализацию строительства ГПЭС. Также необходимо учитывать постоянный монопольный рост тарифов на электроэнергию. На сегодняшний день природный газ является самым экономически оправданным видом топлива.

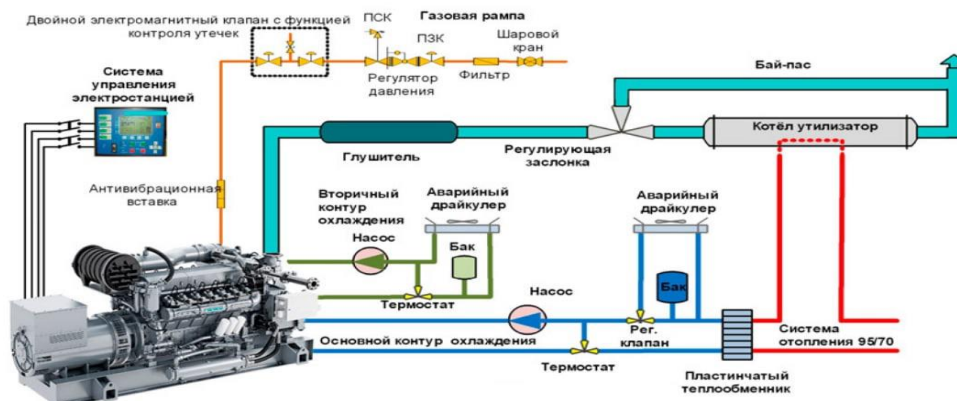


Рисунок 3 – принцип работы ГПЭ

Стоимость электроэнергии формируется из нескольких факторов:

1. Себестоимость выработки электроэнергии на электростанции.
2. Прибыль производящей компании.
3. Себестоимость транспортировки электроэнергии.
4. Прибыль компании – транспортировщика.
5. Стоимость обслуживания сетей.

Таким образом, в случае с локальной генерацией мы имеем возможность исключить всё от 2 до 5 пункта, так получается экономия на практике и в цифрах.

Конечно, тотальный отказ от сетевой электроэнергетики не имеет под собой никаких оснований, ведь города - основной рынок сбыта и часть большой электроэнергетики, но когда речь заходит о небольших предприятиях и себестоимости производимого продукта, то большую ее часть занимает электроэнергия.

ГПЭС используются на многих российских предприятиях, где показывают свою экономическую и производственную эффективность [6].

Результатом исследований стало то, что наш регион имеет широкие перспективы для использования ГПЭС. Рассмотрим данный вывод на конкретном примере - предприятие АО «БАРНАУЛ ТРАНСМАШ». Использование ГПЭС на данном предприятии позволит стабилизировать уровень напряжения и понизить стоимость электроэнергии, вследствие чего повысится эффективность производства и понизится себестоимость готовой продукции.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проблема энергодефицитности регионов юго-западной Сибири. –URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problema-energodefitsitnosti-regionov-yugo-zapadnoy-sibiri/viewer>(дата обращения: 04.04.2022). – Текст: электронный.
2. Энергетический комплекс. – URL: [altairegion22.ru](http://altairegion22.ru) (дата обращения: 04.04.2022). – Текст: электронный.
3. Газопоршневые электростанции. – URL: [generatorexperts.ru](http://generatorexperts.ru) (дата обращения: 04.04.2022). – Текст: электронный.
4. Тарифы на электроэнергию. – URL: [altaiensb.com](http://altaiensb.com) (дата обращения: 04.04.2022). – Текст: электронный.
5. ООО «Газпром газораспределение Барнаул» - газификация в Барнауле. – URL: [altaigazprom.ru](http://altaigazprom.ru) (дата обращения: 04.04.2022). – Текст: электронный.
6. «Газопоршневые электростанции России - перечень объектов на карте» - URL: [Energoseti.ru](http://Energoseti.ru)(дата обращения 04.04.2022) – Текст: электронный

#### СРАВНЕНИЕ ЗАРУБЕЖНЫХ И ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ

Мовенко Михаил Николаевич, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: [movenko01@mail.ru](mailto:movenko01@mail.ru)

Научный руководитель - Белицын Игорь Владимирович, к.п.н., доцент, e-mail: [b\\_i\\_w@mail.ru](mailto:b_i_w@mail.ru)  
Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Сравнение показателей надежности отечественных и зарубежных производителей показано через номенклатуру основных классификационных и функциональных признаков: назначение изделия (определяющие общие или конкретное назначения); цикличность и возможность восстановления; предельное состояние определяющая характер процессов; срок службы и ресурс какого-либо объекта с возможностью и разработкой способов восстановления.*

**Ключевые слова:** надежность, эксплуатация, ассоциация, теория, отказ.

В России и в отечественном производственном сегменте понятие надежности в первые вынесенное на сессию обсуждалась как проблема и в 1934 году рассмотрена Академией наук СССР. Первое и основное направление Академией наук выбрано - развитие и разработ-

ка методик «обработка статистических данных» отказа изделиям и их сбора. Статистические методы исследования - показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости совершенствовались. С учетом тенденции развития начали разрабатываться определённые методы расчетов для испытаний изделий с учетом случайного характера отказов. Уделялось большое внимание вопросам обеспечения высокой надежности при проектировании, эксплуатации и конструирование устройств, но как самостоятельная область исследования не состоялась.

Уделялось большое внимание при проектировании, конструирование и эксплуатации устройств вопросам надежности, но как самостоятельная область исследования, данное направление не развилось, и для обеспечения высокой надежности производственные сектора и отрасли для успешного решения задач вопросам повышение эффективности, поставило первоочередной проблемой.

В европейской системе в гражданских отраслях промышленности Франции надежности, например, более 10 лет существует ассоциация по управлению уровнем качества (AFCIQ), которая является членом Европейской организации по управлению уровнем качества [1].

Зарубежные теории надежности появились в после второй мировой войны в США. Америка во время Корейской войны ощутила проблему надежности. Во время сражений советские и китайские войска, совершенствовали новую технику и различную современную тактику боя, где появился фактор «чужая земля» у США не было современных ремонтных баз, и невозможность пополнять запасы комплектующих. Поэтому и возникла проблема надежности, к которой американцы отнеслись с должным вниманием [2].

I этап. Этап развитие теории вероятности и надежности. Особое внимание начинает уделяться аспектам развития надежности. В 30 е годы на базе аспектов развития формируется понятие отказа и с началом развития авиации применения в ней электроники и автоматики теория надежности начинает бурно развиваться, решаются проблемы надежности с помощью теории вероятности и математической статистики.

II этап. Этап становления теории надежности (1950-1960 г.). ВВС США организуют первый сектор, где применяют новые подходы новые решения при изучении надежности в радиоэлектронике, обнаружив, что основная причина выхода из строя элементов электротехники - это низкая надежность. В данном этапе произошло расширение диапазона условий эксплуатации, и разработка новых технических решений полученные результаты и получили понятия теории надежности.

В отечественном производстве 1960-1970 года начинает развиваться теория диагностики сложных систем «этап классической теории надежности». Технологию производства в космической технике требует повышение эффективности и происходит начало анализа конструкции изделий и устанавливают, что в процессе эксплуатации причины выхода из строя машин и механизмов, а также электронных модулей можно обнаружить на каждом этапе производства, и своевременно устранить. В 1970 году появляются ГОСТ и стандарты по надежности машин и оборудования.

Следует отметить, что теоретические и практические исследования отечественных и зарубежных производств в области надежности развивались по двум основным направлениям.

Первое направление - оценка надежности, развитие математических методик и их разработки наблюдение с фиксированием значений отказов, устойчивости и критичности к сложным системам, что показывает высокий уровень оптимизации. Данное направление широко применяется в радиоэлектронике.

Второе направление - надежность как комплексное свойство, где объекты делятся на восстанавливаемые и невосстанавливаемые, ремонтируемые и неремонтируемые, разрабатываются методики расчетов долговечности, предельного состояния, наработки и наработка до отказа. При внедрении данных методов в технологические способы машиностроения, обеспечивать необходимая надежность в элементной базе и их конструктиве.



Современное состояние отечественной теории надёжности, развивается слиянием этих двух направлений, но очень много не решенных вопросов экономической целесообразности при эксплуатации техники.

При оценке эксплуатационной надёжности технических систем широко используются комплексные показатели, характеризующие одновременно несколько свойств надёжности (безотказность, ремонтпригодность, долговечность). Наиболее распространенными комплексными показателями являются коэффициенты готовности, оперативной готовности и технического использования.

В современной отечественной промышленности развивается направление объединённое планирование по совместному выполнению важных функций. Эффективное проведение работ результат, которого зависит при совместном выполнении функций по обеспечению контроля качества и надёжности. Функции данного направления создание определённых лабораторий надёжности, создание ОТК при приемке готовых продуктов, централизованные центры калибровки оборудования, отделы стандартизации и контроля, на стадии проектирования, создание опытных образцов для выпуска серийного производства.

Зарубежные производители уже на протяжении 25 лет развивают централизованную службу контроля качества, которая на первых этапах при разработке новой продукции формирует рабочую группу. Данная система имеет большое преимущество при выполнении проверок, проверки осуществляются по определённым MES системам качествам, автоматически от технологических линий приходит и формируется статическая информация о надёжности. Пример в машиностроении западная система надёжности формирует разработку стратегий использования технических линий обеспечивающая ее эффективность, разрабатывают методы мониторинга диагностики и прогноза состояния оборудования, прогнозируют, надёжность на этапе проектирования каких-либо объектов, моделей узлов, обосновывают стратегии интервалов обслуживания оборудования. У зарубежной теории надёжности существуют и совершенствуются новые подходы, новые решения данных сложных вопросов совершенствуется расширение диапазонов эксплуатации технических средств и объектов.

Выводы и предложения:

Анализируя сравнение и историю возникновения понятия надёжности можно сделать вывод, что отечественная надёжность отстает от зарубежных по нескольким причинам, зарубежное современное производство, уделяет особое внимание качеству, отслеживает частоту отказов, безотказности внедряет системы ППР в различных отраслях статистически имеет ОТК государственного значения, что сегодня очень слабо развивается у отечественного современного производства.

Для отечественного развития надёжности следует разделить на три направления.

Первое направление - разработка и внедрение стратегии управления техническим обслуживанием и запасными - общие приемы обеспечения надёжности как научного предмета изучающе отказы. Так как создание совокупной теории надёжности основано на вероятностных представлениях, то и исследование данной теории должно делаться после курса теории вероятности и математической статистики., но ее исследование необходимо осуществлять на примерах определенных технических объектов, к примеру, устройств автоматики, для чего нужно исследование таких устройств хотя бы в объеме курса «Введение в специальность».

Знание совокупной теории надёжности позволит при изучении разных систем и объектов рассматривать приемы и способы обеспечения надёжности, которые базируются на общих принципах, но их реализация специфична для таких систем и объектов. Поэтому, ко второму направлению относятся те разделы, которые касаются надёжности некоторых элементов и устройств, анализ видов, последствия и критичности отказов, что помогает выделить критичные потенциальные отказы и разработать действия по уменьшению их критичности.

К третьему направлению необходимо отнести исследование особых вопросов теории надёжности систем разного назначения, а также методов и способов увеличения их надёжности, управление рисками и определение критичности оборудования необходимое для макси-

мальной отдачи от ТООР на вложенные ограниченные ресурсы. Построение блочных схем надежности, которые необходимы для количественной оценки критичности и расчета значений показателей надежности.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Голинкевич Т.А. Прикладная теория надёжности: учебник для вузов. – М.: Высшая школа, 2018. – 168 с. ISBN 978-5-04-004536-2. – Текст: непосредственный.
2. Гук Ю.Б. Теория надёжности в электроэнергетике: учеб. пособие для вузов. – Л.: Энергоатомиздат, 2012. – 208 с. ISBN 978-5-04-004729-2. – Текст: непосредственный
3. Александрович А.Е., Бородакий Ю.В., Чуканов В.О. Проектирование высоконадежных информационно-вычислительных систем. – М.: Радио и связь, 2016. – 144 с. ISBN 978-5-04-004567-2. – Текст : непосредственный.
4. Глазунов Л.П., Грабовецкий В.П., Щербаков О.В. Основы теории надёжности автоматических систем управления: учебное пособие для вузов. – Л.: Энергоатомиздат, Л.О., 2018. – 208с. ISBN 978-5-04-004756-2. – Текст: непосредственный.
5. ГОСТ 27.002–89. Надёжность в технике. Основные понятия. Термины и определения.

#### РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ УСТРОЙСТВА ПОВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ В УДАЛЕННЫХ ОТ ПОДСТАНЦИИ СЕТЕЙ 0,4 кВ

Пролубников Михаил Александрович, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail: michael.prolubnikov@yandex.ru

Научный руководитель - Попов Андрей Николаевич, к.т.н., доцент,  
e-mail: popov.a.n@mail.altstu.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Проведен анализ распределительных сетей, качества электроэнергии в пригородных сетях, предложена методика повышения качества напряжения в пригородных и сельских распределительных сетях 0,4 кВ на основе адаптированного метода управления перетоков реактивной мощности, используемых в сетях с более высоким уровнем напряжения. Разработано устройство автоматического управления конденсаторной установкой для поддержания уровня напряжения в удаленных от подстанции точках сети 0,4 кВ.*

**Ключевые слова:** конденсаторная установка, качество электроэнергии, микроконтроллер, распределительные сети, качество напряжение.

В пригородных распределительных сетях, распределительных сетях сельской местности, у потребителей электроэнергии, расположенных на конечных участках распределительных сетей, нередко наблюдается снижение величины напряжения ниже границ в  $\pm 10\%$  от номинального, установленных [1]. Пониженное напряжение сказывается на качестве работы и работоспособности приемников электрической энергии. В частности, это касается приемников, в которых используются асинхронные двигатели (АД). Пониженное напряжение вызывает повышенный нагрев обмоток АД, что, в следствии, приводит к перегреву, ускоренному износу, старению изоляции или даже возгоранию. Также это касается устройств освещения, где при снижении напряжения уменьшается световой поток, а при его превышении – наоборот увеличивается, что приводит к нарушению требований.

В России распределительные сети выполнены уровнем напряжения 0,4-110 кВ, Общая протяженность этих сетей свыше двух миллионов километров. Протяженность сетей 0,4 кВ насчитывается около 826 тысяч км, протяженность сетей 6-10 кВ – около 1200 тысяч км, сети 35-110 – около 290 тысяч км [2].

Значительная доля сетей 0,4 кВ имеет проблему с качеством напряжения. Это характерно не только для сельской местности, но и для пригородов крупных городов. Что подтверждается результатами наших измерений в селе Лебяжье, а также периодическими жало-

бами граждан на качество электроэнергии, результатами которых могут стать и судебные решения, как, к примеру, в селе Власиха, где напряжение у потребителя опускалось до 160 В. Итогом судебного разбирательства стала установка новой подстанции в сжатые сроки. Результаты измерений качества напряжения у потребителей в селе Власиха представлены на рисунке 1.

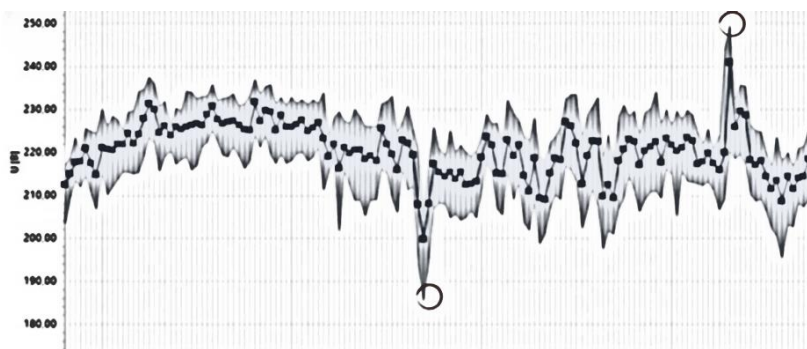


Рисунок 1 – График отклонения напряжения

Предлагается использование метод регулирования напряжения за счет перетоков реактивной мощности. Для этого будет применяться конденсаторное устройство.

Основным отличием от уже существующих способов является то, что установка устройства будет проводиться в конце линии, на питающем эту линию фидере, что позволит устанавливать только одно устройство на всю линии. Сами характеристики устройства будут зависеть от мощности нагрузки, подключенной к фидеру. На рисунке 2 представлена схема сети [4].

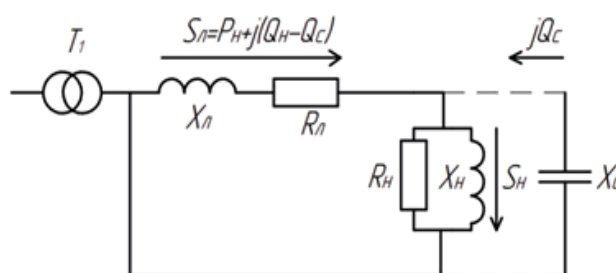


Рисунок 2 – Схема замещения линии подключенной нагрузкой и конденсаторной установкой

Для автоматизации этого устройства была разработана плата управления на основе микроконтроллера ATmega-32A, которая должна переключать конденсаторы, установленные в этом устройстве при падении или повышении напряжения до определенного значения. Внутри устройства находятся две трехфазные конденсаторные установки номинальной мощностью 5 квар и 12,5 квар и соединительные зажимы, при помощи которых осуществляется присоединение к электрической сети. Внутри косинусной конденсаторной установки КПС 440 расположены три конденсатора соединенные в схему треугольник. Также в щите расположены автоматические выключатели, которые защищают от аварийных ситуаций.

С помощью автоматических выключателей будут осуществляться переключения подключенных источников реактивной мощности, таким образом, мы получаем четыре ступени: 0 квар, 5 квар, 12,5 квар и 17,5 квар, при номинальном линейном напряжении 380 В. Структурная схема устройства управления показана на рисунке 3.

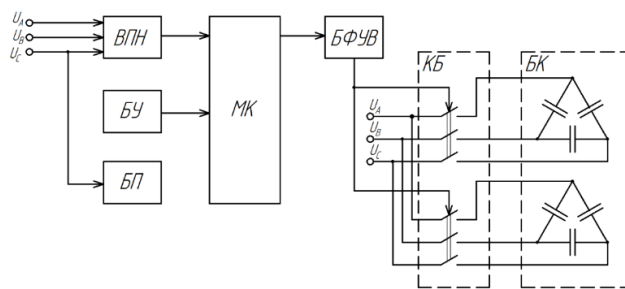


Рисунок 3 – Структурная схема устройства

Входной преобразователь напряжения (ВПН) предназначен для преобразования величин входных фазных напряжений сети в эквивалентно масштабированные переменные напряжения в диапазоне амплитуд от 0 до 2,5 В с постоянной составляющей 2,5 В.

Микроконтроллер (МК) в соответствии с его программой осуществляет аналогово-цифровое преобразование мгновенных значений фазных напряжений, получаемых от блока ВПН, вычисление на их основе действующих значений фазных напряжений и формирование управляющих воздействий блоку формирования управляющих воздействий (БФУВ).

Блок БФУВ формирует на основе сигналов от МК управляющие воздействия для контакторов блока КБ, контакторный блок (КБ) представляет собой два силовых контактора способных коммутировать емкостную нагрузку, блок батарей конденсаторов (БК) представлен двумя трехфазными конденсаторами емкостью 27 мкФ, 82 мкФ на напряжение 0,4 кВ.

Блок управления (БУ) предназначен для преобразования информации о нажатиях кнопок управления устройством в эквивалентные импульсы постоянного напряжения 5 В, воспринимаемых блоком МК.

Блок питания (БП) преобразует фазное напряжение одной из фаз трехфазной сети в постоянные напряжения 5 и 3,3 В, необходимые для питания блоков БУ, МК, БФУВ и КБ.

Созданное устройство снабжено модулем со съемным экраном и кнопками управления, с помощью которых, можно отслеживать значение напряжения на каждой фазе в режиме реального времени, выставлять необходимые значения напряжения для подключения, переключения или переключения конденсаторов, так как их количество и мощность будет зависеть от конфигурации сети. Так же там присутствует слот для карты на памяти, на которой сохраняются данные о работе устройства, показателей качества электроэнергии. Также мониторинга работоспособности можно использовать независимое устройство для передачи основных параметров по GSM/GPRS-протоколам и уже дальнейшей передачи этих данных АСУ электросетевой организации. Данные могут передаваться, как в режиме реального времени, с минимальными интервалами, что увеличивает затраты, но повысить точность регулирования напряжения, или же можно увеличить интервал отправляемых данных, до нескольких отчетов о работе системы в сутки.

Также весомым плюсом предлагаемой системы автоматического управления БСК для нужд регулирования напряжения является то, что все вычисления и обработка информации происходит локально, так как для обеспечения быстродействия нет необходимости передавать данные на более высокий уровень управления или подключать прибор к уже имеющимся автоматизированным системам управления АСУ [5].

Таким образом, разработка и техническая реализация микроконтроллерных решений позволит обеспечить качество электроснабжения в пригородных сетях городов и в сельских местностях.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электроэнергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ

32144 – 2013 – Введ. 01.07.2014. - Москва: Стандартинформ, 2014. – 19 с. – Текст: непосредственный.

2. Наумов И.В. Анализ уровня надёжности сельских распределительных сетей напряжением 10 кВ на примере филиала «Восточных электрических сетей ОАО ИЭСК» // Вестник ИрГСХА. - № 40. – 2010. – С.115-120. – Текст: непосредственный.

3. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Методы измерений показателей качества электрической энергии: ГОСТ 30804.4.30-2013 – Введ. 01.07.2014. - Москва: Стандартинформ, 2014.– 25 с. – Текст: непосредственный.

4. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. - Текст: Учебник: [для студентов высших учебных заведений технического профиля] / Л.А. Бессонов. – Москва: Гардарики, 2000. - 435 с. – Текст: непосредственный.

5. Гусев В.Г. Электроника и микропроцессорная техника. - Текст: Учеб. для вузов / В.Г. Гусев, Ю.М. Гусев. – Москва: Высшая школа, 2006. – 799 с.– Текст: непосредственный.

## ВНУТРЕННЯЯ МОЛНИЕЗАЩИТА ОБЪЕКТОВ СТАРОЙ ЗАСТРОЙКИ И КУЛЬТУРНЫХ ПАМЯТНИКОВ

Сарайкин Вадим Андреевич, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:v-190720@mail.ru

Научный руководитель – Попов Андрей Николаевич, к.т.н., доцент,  
e-mail:popov.a.n@mail.altstu.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрены принципы защиты оборудования от перепадов напряжения в исторических зданиях. Рассмотрена зональная защита электрооборудования. Проведен анализ использования различных грозовых разрядников. Современные устройства, расположенные в исторических зданиях, должны соответствовать требуемым уровням сопротивления, указанным в действующих нормах*

**Ключевые слова:** устройства защиты от перенапряжения, зона молниезащиты, перенапряжение электроэнергии, разрядник, ограничитель перенапряжения.

Исторические здания сейчас содержат ценные коллекции национальной и мировой культуры. Для обеспечения безопасности таких зданий устанавливаются электронные устройства пожарной и противозломной защиты. Внешняя молниезащита не обеспечивает никакой защиты электронных устройств, расположенных в историческом здании. Наоборот, внешняя система молниезащиты может оказывать негативное влияние на разветвленную сеть датчиков, расположенных на объекте, являясь одновременно источником импульсного электромагнитного поля при грозовом разряде и в результате индуктивной связи с системы сигнализации, представляют для них серьезную угрозу.

Исторические здания характеризуются разнообразной внутренней застройкой, поэтому необходимо устанавливать противозломные датчики не только внутри здания, но и снаружи. Таким образом, эти датчики могут подвергаться воздействию импульсного электромагнитного поля атмосферного разряда.

Лучшим способом избежать угрозы является использование концепции зональной защиты из-за разного уровня воздействия электронных устройств в зависимости от расположения в отдельных помещениях объекта. С точки зрения методики их охраны можно выделить несколько различных охранных зон. Предполагалось, что наиболее опасная зона будет обозначена как ЛПЗ 0, а зона с наибольшей степенью безопасности как ЛПЗ 1[1].

Системы и устройства, расположенные в зоне ЛПЗ 0<sub>A</sub>, подвергаются прямому воздействию импульсного электромагнитного поля и потока тока молнии максимальной амплитуды, которая может возникнуть при атмосферном разряде. В зоне ЛПЗ 0<sub>B</sub> не должно быть прямого воздействия тока молнии на устройство или систему.

Защита устройств в зоне ЛПЗ 1 заключается в защите их от прямого воздействия импульсного электромагнитного поля. Также возможно использование соответствующих систем защиты от скачков тока и напряжения, выполняющих задачу первого уровня защиты данного устройства.

В старых исторических зданиях сети TNC и TNC-S являются общей электрической системой [2]. Если планируется проведение работ по адаптации данного объекта к новым условиям эксплуатации, то должны быть выполнены также работы по модернизации электросети. Это связано с тем, что N-проводник, выполняет роль PE-проводника. В сети TNC-S, не может использоваться в качестве защитного проводника для электрических и электронных устройств, таких как панель управления сигнализацией и противопожарной защитой. Правильный выбор систем защиты от перенапряжения зависит от ожидаемого значения импульсного тока, места установки устройств и способа вывода электроустановки на объект.

Расположение исторических зданий в большинстве случаев требует подачи электроэнергии по воздушным линиям. Следствием такого решения является необходимость установки ограничителя класса А в месте подключения воздушной электроустановки к объекту. Этот тип грозового разрядника предназначен для защиты электрических и электронных устройств от импульсных токов амплитуды 20 кА. Внутри объекта защита от перенапряжения обеспечивается разрядниками класса В (I), С (II). При проектировании в качестве первой степени защиты используется ограничитель перенапряжения класса В. Предполагается, что максимальный импульсный ток, который может протекать в зоне В, составляет 100 кА. Чаще всего это искровой разрядник, который обычно используется в низковольтных распределительных шкафах.

В системе сети TNC молниезащитные разрядники следует подключать между низковольтными кабелями питающей сети и землей следующим образом:

- между каждым фазным проводом и землей, и если между нейтральным проводом и землей есть нейтральный проводник;
- если нейтральный проводник не заземлен в начале установки, между каждым фазным проводником и землей, а также между нейтральным проводником и землей;
- если нейтраль заземлена в начале установки, между каждым незаземленным фазным проводом и землей. Рекомендуются соединения между молниезащитными разрядниками и фазными и нулевыми проводами.

На второй ступени защиты от перенапряжения задачей разрядников является снижение амплитуды перенапряжения до значений от 1 кВ до 1,5 кВ на практике. Номинальное значение разрядного тока во второй ступени защиты от перенапряжения обычно находится в пределах от 2 до 15 кА, а иногда даже до 40 кА. Это величина тока разряда, который может протекать через грозовой разрядник за ограниченное количество раз.

В историческом здании, оборудованном системой молниезащиты, первый уровень защиты обычно должен размещаться в распределительном устройстве, расположенном как можно ближе к силовому подключению, второй уровень располагается на определенном расстоянии от первого. Среднее расстояние между первой и второй ступенью, рекомендованное производителями, должно быть не менее 15 м, это связано с тем, что применяемые ограничители различаются по скорости реакции на ударный импульс.

Импульсное перенапряжение – сложный и ответственный процесс. Неправильный выбор защитных устройств может привести к повреждению устройств, а в случае удара большой амплитуды также может вызвать необходимость замены поврежденной части электросистемы объекта.

Ограничители перенапряжения в линиях передачи сигналов должны обеспечивать безотказную работу устройств ИКТ, а также систем автоматики и управления. Применяемые разрядники следует выбирать таким образом, чтобы ограничивать амплитуду перенапряжения до допустимых значений и при этом не вносить искажения сигнала. Ограничители перенапряжения могут быть установлены:

- в месте ввода линии передачи сигнала на объект;

- в месте между отдельными зонами;
- непосредственно перед устройством.

Выбор системы защиты от перенапряжения зависит от того, проводится ли установка передачи сигнала по воздушной или кабельной линии, а также от способа проведения системы молниезащиты здания, в том числе существующей установки. Устройства, используемые для защиты от перенапряжения в линиях передачи сигналов, должны обеспечивать их многократное срабатывание без изменения их параметров. Наиболее часто используемым элементом, защищающим устройства от бросков тока в сигнальных цепях, является грозовой разрядник.

Защита от перенапряжения по определению является многопоточной и требует учета использования решений из многих областей техники, в том числе техники уравнивания потенциалов, прокладки кабелей в электроустановках. Современные устройства, расположенные в исторических зданиях, должны соответствовать требуемым уровням сопротивления, указанным в действующих нормах. Сравнивая затраты на комплексную охрану исторических зданий, оказывается, что они несоразмерно малы по сравнению с затратами на ликвидацию повреждений.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Базелян Э.М. Вопросы практической молниезащиты [Текст] /Э. М. Базелян. – Москва: ИМАГ, 2015. – 208 с. Текст: непосредственный.
2. Карякин Р.Н. Справочник по молниезащите /Р.Н. Карякин. – Москва: Энергосервис, 2005. – 443с.– Текст: электронный. –URL: <https://publications.hse.ru/mirror/pubs/hare/folder/skziecw02u/direct/71906761>. –Режим доступа: свободный.

### СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ЦИФРОВЫХ ПОДСТАНЦИЯХ

Соколов Сергей Михайлович, бакалавр кафедры «Энергоснабжение промышленных предприятий», e-mail: [Sergej\\_sokolov\\_2001@list.ru](mailto:Sergej_sokolov_2001@list.ru)  
Научный руководитель - Белицын Игорь Владимирович, к.п.н., доцент, e-mail: [b\\_i\\_w@mail.ru](mailto:b_i_w@mail.ru)  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Для помощи анализа систематизации данных предоставления полного отчета при любых обстоятельствах в режиме реального времени и в экстремальных ситуациях в цифровых подстанциях.*

**Ключевые слова:** (СППР), цифровые подстанции, оборудования, данные, система.

СППР на сегодняшний день является очень важной частью нашего повседневного функционирования жизнедеятельности, поскольку она все больше и больше получает интеллектуальных инструментов.

В цифровых подстанциях используется автоматизированная система управления технологическими процессами, созданная для управления и контроля, которые ранее выполнялись человеком. В АСУ ТП входят отдельные системы такие как (САУ) система автоматического управления, (SCADA), системы противоаварийной защиты (ESD) и другие системы.

Система цифровой подстанции АСУ ТП не дает нам возможности отойти от участия оператора в её функционировании. Система принятия решений, напротив позволит использовать её, в качестве интерактивно автоматизированных систем, помогающим людям принимать решения, использовать данные и модели, чтобы решать неструктурированные (нечетко осмысленные) проблемы, решение которых сложно поддается программированию.

Идейная модель «Система поддержки принятия решений» в цифровых подстанциях, которая соответствует данному утверждению, представлена на рисунке 1. Взаимодействие «пользователь-система» содержит сведения для производства и управления. Блоки анализа проблем и принятия решений включают в себя методы и процедуры, которые позволяют

сформулировать поставленную проблему, проанализировать возможность ее решения и получить результат, с помощью баз данных, знаний и моделей. В систему поддержки принятия решений в цифровых подстанциях, так же включают средство извлечения данных и построения моделей



Рисунок 1- «Система поддержки принятия решений в цифровых подстанциях»

«Цифровая подстанция» - данный термин применяется по отношению к вторичному оборудованию подстанций (микропроцессорами, и т.д.), а также (ЦПС) способствуют цифровому обмену данными между этими устройствами.

В ходе модернизации электромеханические реле провели замену микросхемами, а затем отдельные устройства стали объединять с помощью цифровой связи. Автоматизация (компьютеризация) подстанций идет по цифровому принципу, благодаря решению по замене оборудования и архитектуры мы можем передавать цифровой сигнал от первичного оборудования к системе управления, вся передача информации происходит по цифровому каналу связи.

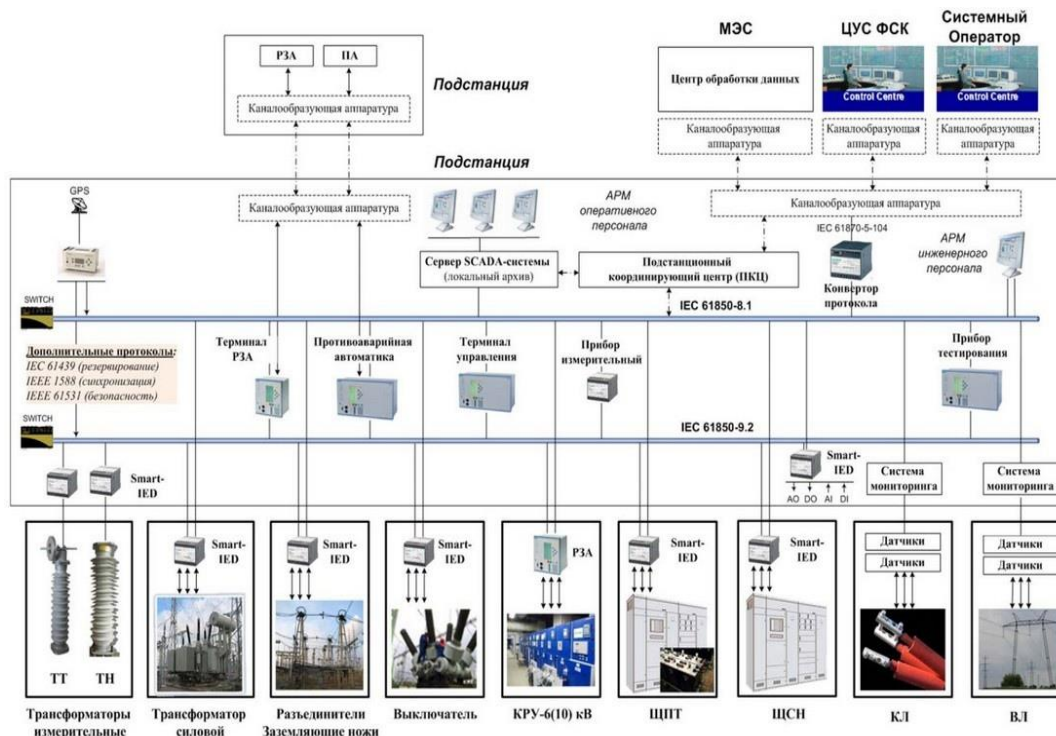


Рисунок 2 - Схема «Цифровой подстанции»



Применяемые технологии цифровой подстанции, позволяют оперировать большим объемом данных. Система поддержки принятия решений способствует накоплению данных и хранению их в течение длительного времени, также СППР имеет интеллектуальный анализ данных, ситуационный анализ, когнитивное моделирование. Одной из основных целей внедрения СППР в цифровых подстанциях - является эффективная работа с большим количеством информации, благодаря которой работа всей энергосистемы станет эффективнее.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зыкин С.А., Катаева М.И. Разработка автоматизированной системы управления технологическим процессом на предприятии// Пермский национальный исследовательский политехнический университет (Пермь). - 2018. - Т. 1. - С. 139-140.- URL:[https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизированная\\_система\\_управления\\_технологическим\\_процессом](https://ru.wikipedia.org/wiki/Автоматизированная_система_управления_технологическим_процессом) (дата обращения: 11.04.2022). - текст электронный.
2. Ларичев О.И., Петровский А.Б. Системы поддержки принятия решений: современное состояние и перспективы развития // Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ, 1987. Т. 21, с. 131-164.-URL: [http://www.raai.org/library/papers/Larichev/Larichev\\_Petrovsky\\_1987.pdf](http://www.raai.org/library/papers/Larichev/Larichev_Petrovsky_1987.pdf) (дата обращения: 11.04.2022). - текст электронный.
3. Электронный научный журнал «Инженерный вестник Дона». - URL: <http://www.ivdon.ru> (дата обращения: 11.04.2022). - текст электронный.

#### ТЕХНОЛОГИЯ VR/AR КАК ПОМОЩНИК В ОБУЧЕНИИ ПЕРСОНАЛА

Ткачёв Кирилл Дмитриевич, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:[kirillgoodjob@mail.ru](mailto:kirillgoodjob@mail.ru)

Научный руководитель - Попов Андрей Николаевич, к.т.н., доцент,  
e-mail:[popov.a.n@mail.altstu.ru](mailto:popov.a.n@mail.altstu.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Проанализирована система подготовки профессиональных кадров. Актуальность проблемы стоит на переднем плане. Приведено решение к данной проблеме, путем внедрения технологии VR/AR. Приведена статистика нарушений в одной из компаний Алтайского края. А также компании, использующие эту технологию. Приведена статистика изменения нарушений с каждым годом.*

**Ключевые слова:** обучение, технология VR/AR, квалификация, нарушения, внедрение.

Обучение играет важную роль в создании личности человека в социуме. Получение навыков, способствует развитию и продвижению в профессиональной сфере. Поэтому качество образование, с каждым годом, нужно дополнять и совершенствовать под каждый тип социума.

Типичная система образования проходит так. Лекции, на которых обучающийся получает материал, практические занятия, отработка полученного материала и лабораторные занятия, на которых создаются близкие к реальным занятиям. На каждом этапе обучения, выделяется n-ое количество часов. Технология VR/AR предоставляет возможность соединить в себе все 3 направления обучения. Технологии VR (виртуальная реальность) и AR (дополненная реальность) это погружение в виртуальный мир и наложение виртуального мира на реальный.

Приведу в пример статистику нарушений в ПАО «Россети» Алтайского региона за 2021 год, и выявлено что 40% нарушений приходится из-за невнимательности сотрудников [1]. А это в свою очередь может привести еще к более серьезным проблемам. Для решения проблемы в компании, предлагается внедрить технологию VR/AR для оперативной и эксплуатационной работы. Обучение на симуляции сотрудника, чем на реальном оборудовании. А так же отработка правил охраны труда в этой же симуляции приведет к снижению уровня

травматизма. А запись с камер наблюдения, а также виртуальные помощники в технологии AR помогут непосредственно в работе персонала, что также приведет уровень травматизма к 0. На данный момент одна из ведущих компаний как Газпром уже применяют технологию AR в работе. А именно, каждый сотрудник носит очки, которые создают проекции во время рабочего процесса. Они позволяют грамотно, последовательно выполнить поставленную задачу. При этом подсказывая сотруднику и записывая все действия на камеру. Все это уменьшает процент нарушений в этой компании.

Рынок данной технологии растет с каждым годом. Все больше инвесторов вкладываются в технологии VR/AR, а предприятия и институты все больше порождают спор. Так в 2022 году рынок инвестиций в этой сфере достиг до 18,7 млрд. рублей, когда в 2018 было всего 1,6 млрд. рублей [2].

Внедрение в учебный процесс этой технологии, позволит существенно сократить время подачи материала, изменит восприятие учебы в положительную сторону. На предприятиях же, внедрение технологии VR/AR уменьшит уровень травматизма, увеличит уровень подготовленности кадров.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обзор несчастных случаев со сторонними лицами, произошедших в ДЗО ПАО «Россети» в квартале 2021 года. – Текст: электронный. – URL:<https://is.gd/0zWVM9> – Режим доступа: свободный.

2. Безопасность превыше всего. – Текст: электронный. – URL: <https://neftegaz.ru/news/vtrende/496313-bezopasnost-prevyshe-vsego-kak-tekhnologii-industrii-4-0-pomogayut-snizhat-riski-travmirovaniya-i-pr/> – Режим доступа: свободный.

### ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ВЫПРЯМИТЕЛЕЙ ПУТЕМ МОДЕРНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО СТЕНДА

Товкайло Даниэла Евгеньевна, бакалавр кафедры «Электроснабжение промышленных предприятий», e-mail:[freddi\\_mr10@mail.ru](mailto:freddi_mr10@mail.ru)

Научный руководитель - Попов Андрей Николаевич, к.т.н., доцент,  
e-mail:[popov.a.n@mail.altstu.ru](mailto:popov.a.n@mail.altstu.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Актуальность темы модернизации лабораторного оборудования обуславливается повышением качества знаний студентов, повышением уровня практических навыков и росту усвояемости материала. Что соответственно ведёт за собой увеличение квалифицированных кадров на предприятиях.*

**Ключевые слова:** *качество электроэнергии, техническое образование, квалифицированные кадры, полупроводниковые выпрямители, электротехническое оборудование.*

В настоящее время предприятия нуждаются в квалифицированных кадрах инженеров, в частности в области энергетики. Низкоэффективная организация труда, как и дефицит квалифицированного персонала, являются главными факторами, которые замедляют рост производства электрической и тепловой энергии.

При этом следует отметить, что потребность в увеличении производства энергии будет только нарастать, так как огромную долю потребления уже составляют не только предприятия и промышленность, но также современные компьютерные системы и телекоммуникации, увеличивается потребление в сфере медицины. На подходе частный электрический транспорт, которым всерьёз озаботились государства по всему миру. Это связано с высокой технической сложностью различного оборудования по извлечению солнечной, ветровой энергии и других источников. Образованию нужно уделять повышенное внимание.

Основополагающей проблемой в сфере технического образования является недостаточный уровень понимания учащимися процессов, протекающих в изучаемых ими устрой-

ствах, в частности в электроустановках. Большую часть сил и времени студенты отдают заучиванию наизусть материалов по принципу: как в книге. Если же подойти к вопросу подготовки материально-технического оснащения лабораторий более ответственно, то вполне реально создать необходимые условия для более эффективного развития навыков у учащихся.

Требования к специалистам в области энергетики растут с каждым годом. Руководители хотят видеть мобильный персонал, готовый работать на современном оборудовании, с применением автоматизации и новых технологий.

При этом, старое оборудование все еще остается в работе, и инженеры должны обладать ресурсом необходимых знаний, для обеспечения диагностики, и эффективной безопасной эксплуатации. Кроме того, многие образцы старого оборудования спроектированы настолько удачно, что там почти нечему ломаться, а эксплуатация таких машин требует глубокого понимания явлений, протекающих в них. Таким образом, разумно будет предположить, что подобная картина в сфере электроэнергетики, где бок о бок сосуществуют современные технологии и оборудование из прошлого, сохранится ещё достаточно продолжительное время.

Для решения данной проблемы необходимо совершенствовать и обновлять материально-техническую базу, и тогда мы получим специалистов высокого уровня подготовки.

Ранее для учебного курса «Силовые преобразователи в электроснабжении» [1] создавался стенд для исследования характеристик полупроводниковых выпрямителей, с целью повышения качества образования. Учебная установка предназначена для демонстрации работы основных типов полупроводниковых выпрямителей переменного тока, сглаживающих фильтров и применения выпрямителей в электронных схемах [2]. Умение применять полученную базу знаний в теории и на практике, является важным навыком для инженера. Предметность и доступность этого стенда позволяет студентам усвоить больший процент информации. Внедрение подобных лабораторных установок позволяют повысить наглядность обучения, получить практические навыки, закрепить прочность знаний, и позволит студентам иметь полное представление об изучаемом предмете.

Однако наука и техника не стоит на месте, и лабораторной установке требуется модернизация, состоящая в улучшении эргономических показателей элементов интерфейса монтажной панели стенда, в добавлении возможности исследования характеристик трехфазных выпрямителей, в систематизации электронного учебного пособия для выполнения работ на стенде.

Усовершенствование лабораторной установки позволит систематизировать практические знания, расширить спектр действий, а именно: ускорить выполнение студентами практических работ, сделать их понятнее и доступнее для студентов, увеличить заинтересованность учащихся в процессе обучения. Расширение функционала стенда позволит выполнить более глубокие в части анализа лабораторные занятия, сделать защиты лабораторных работ более интересными, и, кроме того, поможет более достоверно наблюдать интересные с точки зрения науки и инженерного дела эффекты. Обновление оборудования также позволит получать более точную информацию при снятии данных и позволит формировать навыки самостоятельной работы студентов, которые в дальнейшем помогут им зарекомендовать себя на производстве как квалифицированных специалистов. Очень важно иметь в сфере электроэнергетики профессиональные кадры, которые своим высококвалифицированным трудом минимизируют перебои в поставках электроэнергии, обеспечат её надёжность и качество.

В городе растет конкуренция среди квалифицированных специалистов, что влечет за собой рост качества отбора кадров. Так как человеческие ресурсы являются одним из главных факторов увеличения потенциала предприятий, то благодаря повышению качества образования, в том числе и за счёт обновления материально-технической и лабораторной базы учебных заведений, соответственно, возрастет эффективность производства и передачи электрической и тепловой энергии.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Муравлев И.О. Силовые преобразователи в электроснабжении // И. О. Муравлев. – Томск, 2011. – Текст: электронный. – URL: <http://mdl.lcg.tpu.ru:82/course/info.php?id=170>. – Режим доступа: свободный.
2. Полупроводниковые выпрямители. Основные теоретические положения, 2010. – Текст: электронный. – URL: <http://vunivere.ru/work15028>. – Режим доступа: свободный.

## ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРИФИКАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА И БЫТА»

### АНАЛИЗ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ ПРИ АВТОМАТИЧЕСКОМ ПОВТОРНОМ ВКЛЮЧЕНИИ СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА

Богоутдинов Евгений Ринатович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: [bogoutdinov001@mail.ru](mailto:bogoutdinov001@mail.ru)

Овсепян Ваник Александрович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: [ovsepyanvanik@yandex.ru](mailto:ovsepyanvanik@yandex.ru)

Научный руководитель – Компанец Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail: [kompbs@mail.ru](mailto:kompbs@mail.ru)  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассматриваются вопросы, связанные с возникновением переходных процессов в линиях электропередач на низкой стороне трансформатора при автоматическом повторном включении силовых понижающих трансформаторов под нагрузкой. Производится анализ зависимости бросков намагничивающего тока на низкой стороне трансформатора в зависимости от насыщения его магнитопровода вследствие работы трансформатора перед аварийным отключением. Дается приблизительная оценка возможных значений бросков тока после повторного включения трансформатора при межфазном коротком замыкании на низкой стороне трансформатора.*

**Ключевые слова:** переходный процесс, броски тока намагничивания, силовой трансформатор, линия электропередач, автоматическое повторное включение, межфазное короткое замыкание, MATLAB-Simulink.

Известно, что включение силовых трансформаторов в сеть вызывает переходные процессы, сопровождающиеся бросками токов намагничивания, значения которых могут в несколько сотен раз превышать ток холостого хода (ХХ) трансформатора и, соответственно, в несколько раз его номинальный ток [1]. Чрезмерно большие токи при включении силовых понижающих трансформаторов оказывают негативное влияние, как на сам трансформатор, так и на линии электропередач (ЛЭП), которые в случаях включения трансформаторов напряжением 10(6)/0,4 кВ непосредственно связаны с потребителями электроэнергии (отсутствует гальваническая развязка). Данные токи вызывают электродинамические силы в трансформаторах, а также секциях шин, сильный нагрев обмоток трансформаторов и ЛЭП, а также могут привести к выходу из строя электрооборудования у потребителей электрической энергии. Кроме того, переходные процессы способствуют образованию высших гармоник тока и напряжения, что тоже негативно сказывается на качестве электроэнергии.

Нередки случаи возникновения аварий, приводящих к возникновению больших токов и срабатыванию релейной защиты и автоматики (РЗА), отключающей трансформатор. Независимо от того, является ли повреждение, приведшее к срабатыванию РЗА, устойчивым или неустойчивым, спустя небольшой промежуток времени после аварийного отключения трансформатора происходит его автоматическое повторное включение (АПВ) непосредственно под нагрузкой с целью быстрого восстановления электроснабжения.

Для анализа переходных процессов, возникающих в ЛЭП на низкой стороне силового трансформатора напряжением 10(6)/0,4 кВ при его включении под нагрузкой, была разработана соответствующая модель в среде MATLAB-Simulink на основе силового трансформатора ТМГ-400/6/0,4 (рисунок 1), расчет параметров которого в данной статье не приводится.

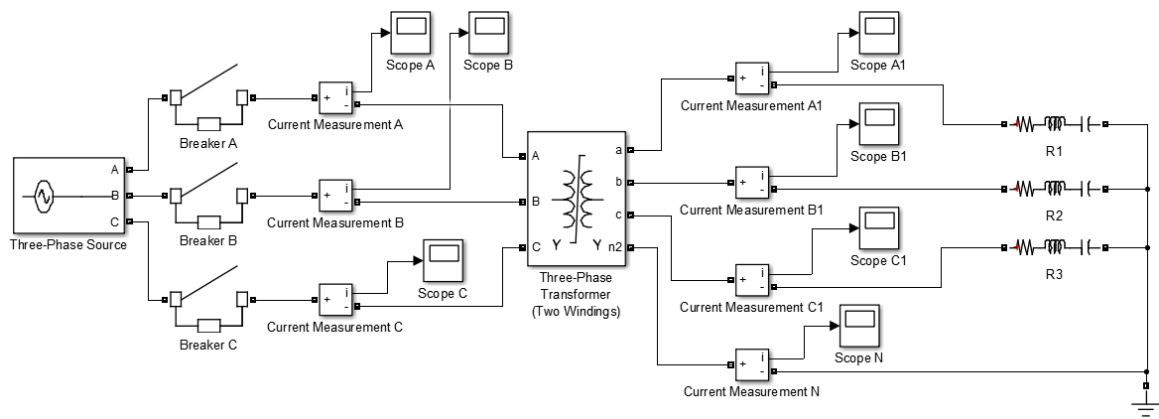


Рисунок 5 - Модель силового трансформатора в среде MATLAB-Simulink.

Нагрузка представлена преимущественно в виде активного сопротивления (индуктивности и емкости малы) и распределена неравномерно по фазам трансформатора.

После аварийного отключения трансформатора в его магнитоприводе сохраняется остаточный магнитный поток, величина которого зависит от характера нагрузки в предшествующем режиме работы. При моделировании величина остаточного потока в сердечниках фаз была принята равной 30% от номинального магнитного потока.

В качестве результатов моделирования представлены осциллограммы токов фазы А и нулевого провода на низкой стороне трансформатора при его повторном включении после отключения РЗиА вследствие возникновения неустойчивого повреждения (рисунок 2). Из представленных осциллограмм наблюдаются броски тока, которые в нулевом проводе достигают значений тока короткого замыкания (КЗ). Кроме того, формы кривых токов несинусоидальные и содержат высшие гармоники.

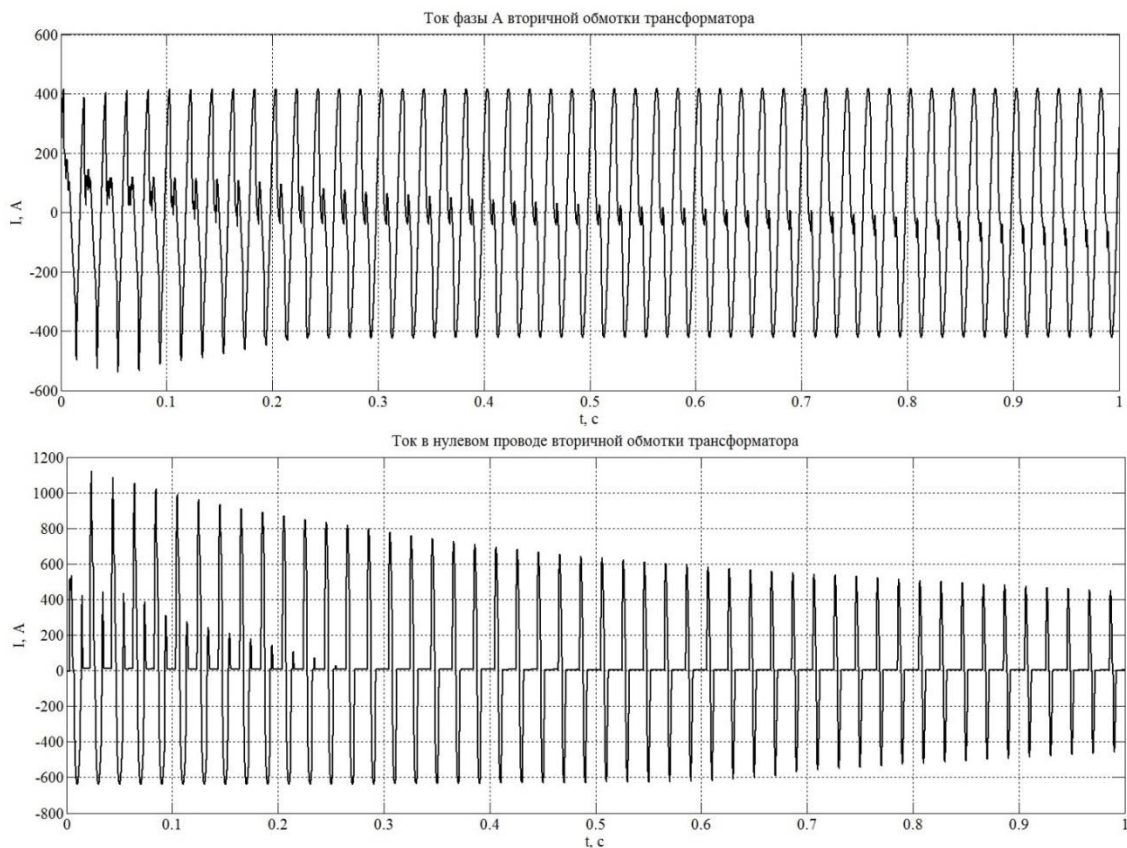


Рисунок 6 - Осциллограммы токов на низкой стороне трансформатора

На рисунке 3 представлена осциллограмма тока в нулевом проводе при отсутствии остаточного магнитного потока в момент включения силового трансформатора, из которой заметно существенное различие (порядка  $200\text{ A}$ ) с током в нулевом проводе при включении трансформатора с насыщенным магнитопроводом.

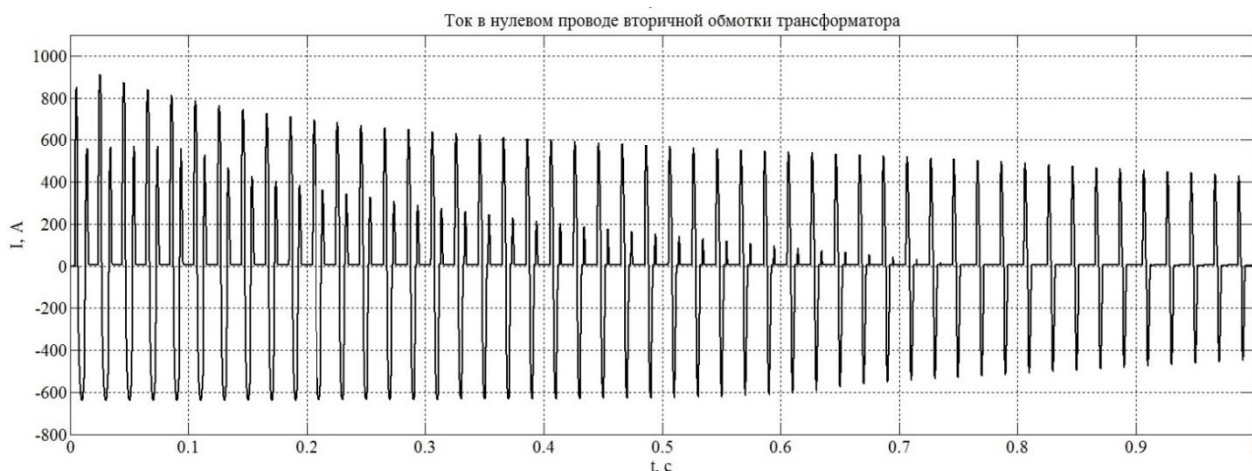


Рисунок 7 - Осциллограмма тока в нулевом проводе на низкой стороне трансформатора

Наряду с неустойчивыми повреждениями возможны случаи возникновения устойчивых повреждений на низкой стороне трансформатора (например, межфазное короткое замыкание), которые все равно допускают однократное АПВ, после которого происходит еще одно срабатывание РЗА, но уже без последующего повторного включения.

На рисунке 4 представлена осциллограмма тока в обмотке низшего напряжения фазы *A* силового трансформатора после АПВ при межфазном коротком замыкании. Токи в фазах *B* и *C* идентичны току фазы *A* и в несколько десятков раз превышают максимально допустимые токи, что при отсутствии правильной настройки релейной защиты может привести к выходу из строя трансформатора, а также участка ЛЭП до точки межфазного КЗ.

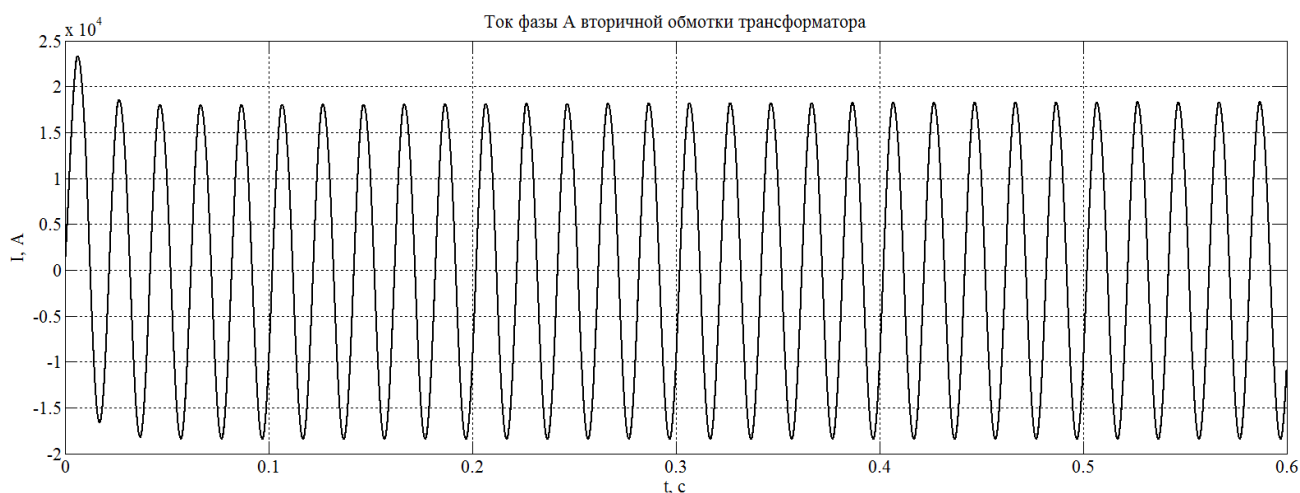


Рисунок 8 - Осциллограмма тока в обмотке низшего напряжения силового трансформатора при межфазном коротком замыкании.

Исходя из всего вышеизложенного, следует, что актуальным является вопрос создания устройства безударного (плавного) пуска силовых трансформаторов с целью значительного уменьшения бросков намагничивающего тока при включении трансформаторов, так как они негативно влияют на качество электроэнергии, а также на состояние электрооборудова-

ния. Кроме того, это позволит снять дополнительную функциональную нагрузку с РЗА и облегчить процесс ее настройки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Электродинамическая стойкость трансформаторов и реакторов при коротких замыканиях / составитель и редактор А.А. Лурье. – М.: Изд-во «Знак», 2005. – 520 с.: ил.

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Боярков Дмитрий Андреевич, соискатель кафедры «Электрификация производства и быта»,  
e-mail: dmitrij.bojarkov@gmail.com

Научный руководитель - Компанец Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail: kompbs@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассматриваются основные направления совершенствования и развития системы технического обслуживания и ремонтов электрических сетей. Делается обзор существующих систем ТОиР, сравниваются их достоинства и недостатки, а также выбирается наиболее перспективная в применении система. В заключении делается вывод о дальнейших перспективах использования систем ТОиР на практике в электро-сетевых компаниях России с применением дистанционных технологий непрерывной технической диагностики электрооборудования.*

**Ключевые слова:** электрическая сеть, электроснабжение, техническое обслуживание, отказ, планово-предупредительный ремонт, техническое состояние, риск-ориентированный подход, техническая диагностика, непрерывный контроль, система электроснабжения.

Электроэнергетика - системообразующая отрасль экономики нашей страны, поэтому обеспечение надежного, бесперебойного электроснабжения является, несомненно, крайне важной задачей. Несмотря на это, проблема, связанная с высокой аварийностью в электрических сетях и перерывами электроснабжения потребителей, имеет место быть [1]. Данная проблема особенно обострилась после, так называемого, рыночного реформирования электроэнергетики. Реформа РАО ЕЭС начала 2000-х гг. привела к существенному усложнению отрасли. Помимо прочего, это подтверждается количественными характеристикам системы электроэнергетического рынка (в частности, сложность системы определяется количеством элементов и связей), численность новых компаний и организаций, которые появились в результате реформы электроэнергетики, практически не поддается подсчету. Единая технологическая система была разорвана, электрические сети были отделены от генерации электроэнергии, созданы новые, фактически, посреднические компании, такие как гарантирующий поставщик, администратор торговой системы и другие инфраструктурные компании. Вопросы текущего содержания электрических сетей и капитальных вложений в них были существенно усложнены. В связи с этим, на сегодняшний день в России сложилась ситуация, когда более 60% всех электрических сетей в России можно отнести к категории «ветхие». Такие сети достаточно часто выходят из строя, причиняя, тем самым, значительные материальные потери как для электросетевых компаний, так и для потребителей электроэнергии [2].

В целях преодоления таких негативных явлений в системах электроснабжения необходимо своевременно производить определенные управляющие технические воздействия на элементы сети: техническое перевооружение и реконструкцию, ремонт либо полный вывод оборудования из работы и замена его на новое. Для данных целей были разработаны специальные системы по техническому обслуживанию и ремонтам (ТОиР) данных видов инфраструктурных объектов. На рисунке 1 представлены основные направления развития подходов к осуществлению технического обслуживания и ремонта электрических сетей [3]. Рассмотрим данные подходы более подробно.

Техническое обслуживание по отказу - под данным видом ТОиР понимается выполнение каких-либо управляющих технических воздействий только после выхода из строя

электрооборудования. Данный вид ТОиР является наиболее нецелесообразным, поскольку выход из строя оборудования приводит к перерывам электроснабжения, что ведет к огромным ущербам как потребителям, так и электросетевым компаниям. Очевидно, что обслуживание сетей по отказу на сегодняшний день на практике фактически не применяется.

Техническое обслуживание сетей по регламентному принципу или, иными словами, плано-предупредительный принцип выполнения ТОиР применяется на данный момент в подавляющем большинстве случаев. Суть данной системы состоит в том, что безотказная работа электросетевого оборудования обеспечивается, по сути, принудительным техническим воздействием на оборудование в определенное время в зависимости от графика проведения таких работ, составленных на основании правил и норм регламентирующих документов. Конечно же, такая система технического обслуживания электрических сетей способна обеспечить их наибольшую эксплуатационную надежность [1]. Однако, с другой стороны, данная система характеризуется своей значительной дороговизной, что, в свою очередь, не является рациональным в условиях тарифных ограничений и, соответственно, ограниченных финансовых ресурсов электросетевых компаний [2].

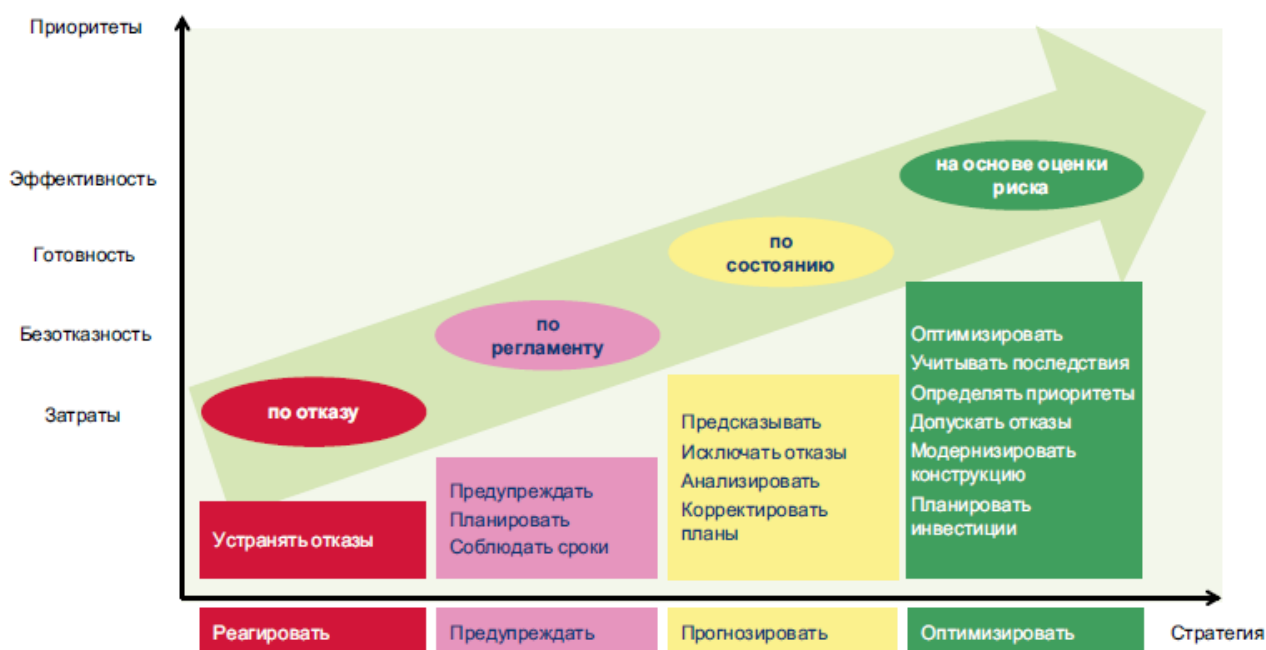


Рисунок 1- Развитие подходов к осуществлению технического обслуживания и ремонтов электрических сетей

Система технического обслуживания и ремонта электрических сетей по фактическому техническому состоянию предусматривает проведение управляющих воздействий на них посредством понимания того, какие именно дефекты на данный момент развиваются в электроустановках и с какой вероятностью эти дефекты проявятся в тот или иной прогнозируемый интервал времени. Существенное отличие данной системы ТОиР от системы ППР заключается в том, что финансовые средства расходуются на проведение технических воздействий для того оборудования, которое реально находится в наиболее неудовлетворительном техническом состоянии, что является значительно более выгодным решением. Однако недостатками данной системы является необходимость приобретения достаточно дорогостоящего диагностического оборудования, с помощью которого оцениваются дефекты, а также нестабильность работы эксплуатационного персонала, который производит как само техническое обслуживание, так и техническую диагностику электроустановок [3]. По сути, про четкое планирование ТОиР в этом случае говорить совсем не приходится.



Риск-ориентированная система управления техническим состоянием электрических сетей предусматривает под собой помимо оценки технического состояния электрических сетей еще и определение уровня значимости потребителя в виде оценки ущербов от перерыва электроснабжения (как материального, так социального и экологического). Разумеется, такая постановка задачи еще сильнее усложнит определение показателя технического состояния, но сам данный процесс будет являться социально направленным, а также позволит электросетевым компаниям более грамотно планировать инвестиции в обновление сетевой инфраструктуры, поэтому, на наш взгляд, данная система является наиболее перспективной из всех вышеуказанных [4].

В заключение отметим, что в целях реализации последних двух методов ТОиР крайне перспективным является применение технологий по дистанционному снятию параметров электрооборудования во время проведения его технической диагностики (рисунок 2).

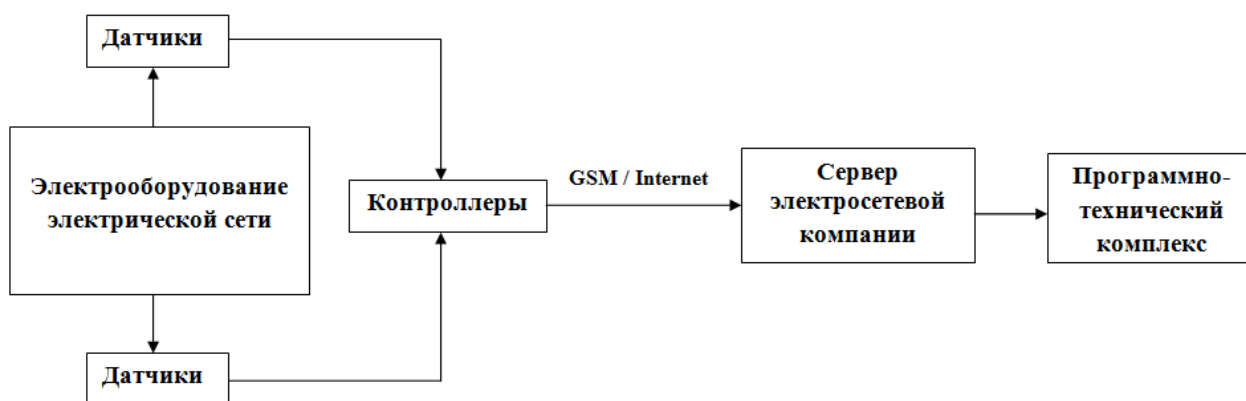


Рисунок 2 – Система по дистанционной технической диагностике электросетевого оборудования

Такие технологии позволят непрерывно контролировать состояние оборудования в любой момент времени и оперативно, в самые короткие сроки, принимать решение о необходимости технического воздействия [5].

Таким образом, выбор наиболее целесообразной как с экономической, так и технической точки зрения системы по осуществлению технического обслуживания и ремонта является важнейшим решением с точки зрения эффективной эксплуатации электросетевого оборудования, что позволит увеличить надежность сетей и уменьшить ущербы потребителям от возникаемых в них авариях.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kompaneets B.S. Electric Grids Technical Evaluation Method based on their Failure Probability / B.S. Kompaneets, D.A. Boyarkov // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2020. – Т. 791. – №. 1. – С. 012030.
2. Яценко А.В. Современный рынок электроэнергетики и мощности как результат реформирования РАО «ЕЭС России» / А.В. Яценко, Д.А. Боярков // Финансовый бизнес, 2022. – № 2 (224). – С. 161-164.
3. Волков Н.Г. Надежность функционирования систем электроснабжения: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 157 с.
4. Антоненко И.Н. Риск-ориентированный подход к управлению производственными активами энергетики / И.Н. Антоненко // Энергоэксперт, 2020. – №. 1. – С. 26-33.
5. Боярков Д.А. Современные подходы к осуществлению технического обслуживания и диагностики электрических сетей / Д.А. Боярков, Б.С. Компанец // Энерго- и ресурсосбережение - XXI век: сборник материалов XVI международной научно-практической конференции, 2018. – С. 52-55.

## ВОЗМОЖНОСТЬ РАЗВИТИЯ КОНЦЕПЦИИ КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБСТАНОВКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСКОЛЬКИХ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Васильев Валерий Юрьевич, аспирант кафедры ЭПБ, e-mail:vasilievvalerij@mail.ru  
Соловской Александр Сергеевич, аспирант кафедры ЭПБ, e-mail:solovskoyas@mail.ru  
Научный руководитель - Титов Евгений Владимирович, д.т.н., доцент, e-mail:888tev888@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В работе рассмотрены особенности использования термографирования для определения зон контроля составляющих электромагнитного поля. Описан метод ультрафиолетовой диагностики поверхностных частичных и коронных разрядов на воздушных линиях электропередачи. Предложено развитие концепции контроля электромагнитной обстановки с помощью совокупности электронно-оптических методов.*

**Ключевые слова:** электромагнитное поле, электронно-оптический метод, термографирование, ультрафиолетовая диагностика, зоны контроля, электромагнитная обстановка.

Известно [1], что увеличение степени использования радио- и электротехнологий в жизни современного человека приводит к ухудшению электромагнитной обстановки как для производственного персонала, так и населения. Современные темпы научно-технического прогресса приводят к чрезмерному оснащению коммунально-бытовых и производственных объектов различным электрооборудованием, являющимся источниками электромагнитных полей и излучений. В связи с усиливающимся воздействием электромагнитных полей различной частоты на человека повышается значимость проведения контроля электромагнитной обстановки.

Качественное осуществление контроля электромагнитной обстановки позволяет минимизировать ущерб от воздействия электромагнитных полей на живые организмы и технику. Однако современные методы контроля электромагнитной обстановки имеют ряд недостатков, одним из которых является отсутствие учета неравномерности распределения электромагнитных излучений в широком диапазоне частот вблизи излучающего электрооборудования. Для решения данной проблемы в АлтГТУ были разработаны принципы определения зон контроля параметров электромагнитного поля, с использованием термографирования [1].

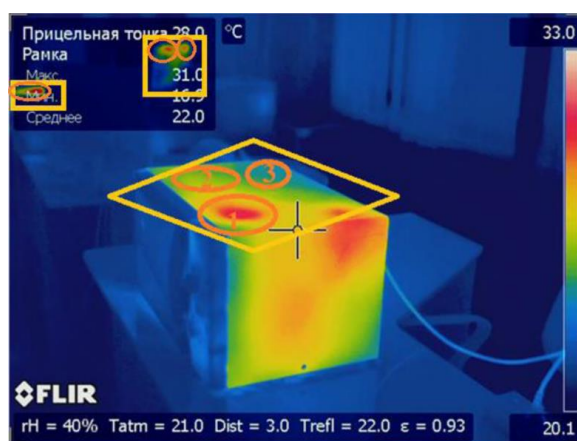


Рисунок 1 – Пример использования термографирования для определения зон контроля параметров электромагнитного поля

Как известно [1], воздействие электромагнитных полей высокой частоты сопровождается нагревом различных материалов. Следовательно, зоны наибольшего нагрева поверхности объектов будут соответствовать зонам наибольшей интенсивности электромагнитных полей. Таким образом, применение такого электронно-оптического метода, как термографи-

рование, можно использовать для определения зон контроля параметров электромагнитных полей и излучений путем их визуализации.

Однако определение зон контроля параметров электромагнитных полей с помощью термографирования в некоторых случаях имеет ряд трудностей (например, недостаточный нагрев высоковольтного электрооборудования, находящегося на открытом воздухе). Исходя из этих условий возникает задача усовершенствования электронно-оптического метода определения зон контроля, параметров электромагнитных полей. Одним из вариантов ее решения может быть применение ультрафиолетового метода визуализации.

На сегодняшний день, данный метод используется для неразрушающего контроля состояния оборудования воздушных линий электропередач напряжением 220-500 кВ. В [2] с помощью метода УФ-диагностики определяется появление поверхностных частичных либо коронных разрядов, которые, в свою очередь, являются источниками электромагнитных излучений ультрафиолетового спектра и имеют длину волны в диапазоне 240-280 нм [3].

Поэтому можно предположить, что метод ультрафиолетовой диагностики может применяться при контроле электромагнитной обстановки. При этом, учитывая описанное в [1] для применения термографирования в измерении электромагнитных излучений, необходимо соблюдение дополнительных условий. На данном этапе развития УФ метода диагностики, взяв за основу сказанное в [2-3], можно предположить, что такими условиями являются появление короны, поверхностных частотных разрядов либо какого-либо аналогичного источника появления фотонов с частотой, лежащей в диапазоне ультрафиолетового излучений.

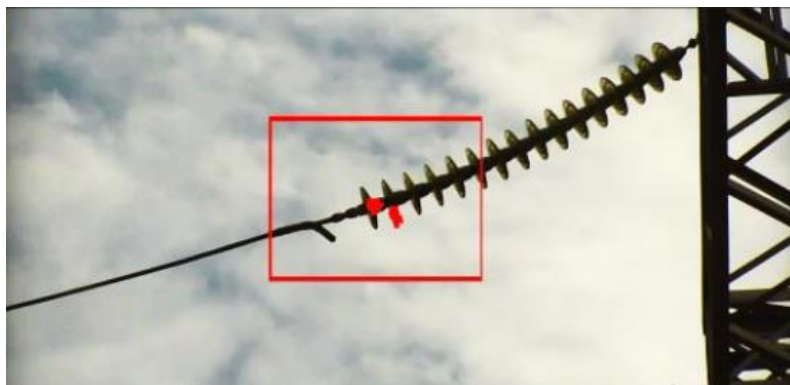


Рисунок 2 – Применение ультрафиолетового метода для контроля состояния линейного высоковольтного оборудования

Таким образом, ультрафиолетовый метод диагностики возможно следует рассматривать как один из подходов к развитию электронно-оптических методов диагностики электромагнитной обстановки, в частности для определения зон контроля электромагнитных полей и излучений. Для подтверждения сформулированной гипотезы предлагается проведение дальнейших теоретических и экспериментальных исследований в данном направлении.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Titov E.V., Soshnikov A.A., Migalev I.E., "Computer Imaging of Electromagnetic Environment in Air Space with Industrial Electromagnetic Field Sources in Conditions of Combined Influence of EM Radiation," *Journal of Electromagnetic Engineering and Science*. vol. 22, no. 1, pp. 34-40, Jan. 2022. ID No. 20210317-036J. – DOI: <https://doi.org/10.26866/jees.2022.1.r.58> (дата обращения: 07.03.2022). – Режим доступа: свободный.
2. Абрамов Ю.В., Шелест А.В., Антонов М.А., Абрамов В.В. Ультрафиолетовый метод неразрушающего контроля состояния линейного оборудования 220-500 кВ // *Молодой исследователь Дона*. 2020. № 3 (24). С. 104 -109.

3. N. Maistry, R. Schutz and E. Cox, "The Quantification of Corona Discharges on High Voltage Electrical Equipment in the UV Spectrum using a Corona Camera," 2018 International Conference on Diagnostics in Electrical Engineering (Diagnostika), 2018, pp. 1-4, doi: 10.1109/DIAGNOSTIKA.2018.8526024.

## СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Виганд Иван Александрович, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:vanvigand@gmail.com

Научный руководитель - Куликова Лидия Васильевна, д.т.н., профессор,  
e-mail:liliavaskul@gmail.com

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Проблема связанная с экономией электрической энергии всегда являлась и является центральной проблемой энергетики. В настоящее время проведено множество решений по снижению потерь, но как известно искоренить полностью данную проблему невозможно. Однако снижение потерь даже на 1% на предприятиях, заводах и у других потребителей электрической энергии позволит освободить большие мощности в энергосистемах в целом. Поэтому проблема потерь электрической энергии всегда является актуальной.*

**Ключевые слова:** *потери, снижение потерь, экономия электроэнергии, энергосистемы, потери электрической энергии.*

Электроэнергия дорожает со временем, а в связи с ростом прогресса в обществе ее потребление непрерывно растет. Поэтому минимизация потерь в системах электроснабжения становится все актуальнее с каждым годом.

Под потерями электроэнергии подразумевают разницу между поставляемой от источника электроэнергии с получаемой в конечном итоге электроэнергии потребителем [1]. Потери в электрических сетях можно классифицировать как:

- 1) связанные с технологическим фактором. То есть факторы связанные напрямую с физическими процессами, с природой создания (появления) электрических потерь;
- 2) связанные с затратами на основное и вспомогательное оборудование и его эксплуатацию, а также на обеспечение условий необходимых для работы персонала;
- 3) связанные с факторами недоучета электрической энергии, таких как погрешности приборов учета и др.

В данной статье мы подробнее остановимся на проблемах, связанных с технологическим фактором, а конкретнее с потерями холостого хода в трансформаторах.

Потери холостого хода в трансформаторе - самые распространенные проблемы трансформатора в работе. Потери холостого хода - потери в стали от перемагничивания, которые возникают при работе трансформатора, и связанные с физическими процессами.

В данный момент уже реализованы множество операций по снижению потерь в трансформаторах, холостого хода. Но больших результатов по снижению данных потерь достигнуто не было.

Существует оптимальное решение проблемы связанное с потерями в системах электроснабжения для предприятий, а именно для предприятий, питающихся от двух и более трансформаторов и работающих по второй или третьей сменам, модернизировать схему электроснабжения для общего снижения потерь.

В предприятиях, работающих по второй или третьей сменам, существует время, когда потребление электроэнергии в них минимизируется, то есть время когда потребление электрической энергии этих предприятий минимальна. Например ночное время, выходные и подобное, потребление электроэнергии уменьшается из-за того что уменьшается количество потребителей, находящихся в работе, и в большинстве случаев это потребители большой мощности. Так как во время, когда предприятие не находится в работе, из потребителей

электрической энергии остаются вспомогательные - аварийное, охранное освещение и прочие. В данное время при минимальном потреблении электрической энергии работа трансформаторов остается в штатном режиме, то есть они также находятся во включенном состоянии, что продолжает создавать потери холостого хода на каждом трансформаторе.

Суть данного способа уменьшения потерь холостого хода в трансформаторах заключается не в уменьшении значения потерь на трансформатор, а в возможности отключения перераспределения электрической энергии, при минимальном потреблении электроэнергии, на несколько трансформаторов. Что позволит отключить трансформаторы, для которых в данный момент можно перераспределить нагрузку потребителей на другие трансформаторы электрической энергии.

Выбор предприятий второй и третьей смены работы и питающихся от двух и более трансформаторов, был не случайным. Так как они являются самым наглядным примером.

На рисунке 1 условно показана схема питания электрической энергией для предприятия, в частности для группы цехов завода продольно-строгальных станков.

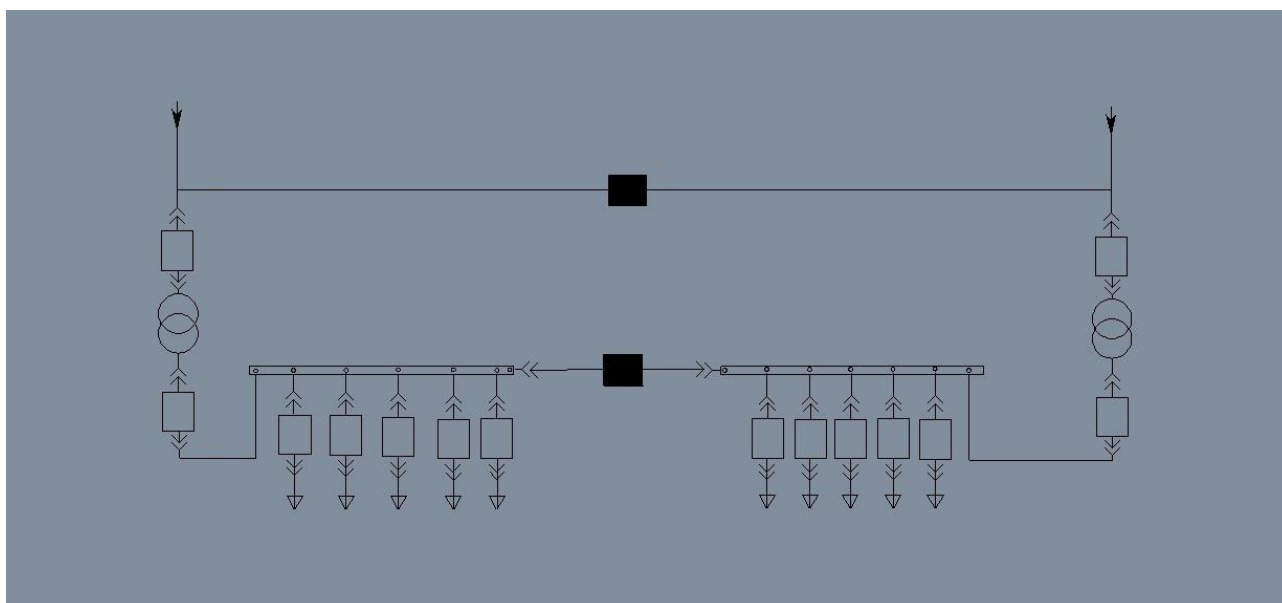


Рисунок 1- Схема питания электрической энергией для предприятия

На рисунке показаны, что существуют множество связей в схемах электроснабжения предприятий, что облегчает модернизацию или простой переход от «типовой» схемы к схеме с учетом возможности снижения потерь холостого хода.

Самый простой, но не самый экономный способ к снижению потерь, это простое переключение выключателей, как на рисунке 2, вручную персоналом перед периодом минимума потребления нагрузки, и обратном переключением с переходом в штатный режим работы.

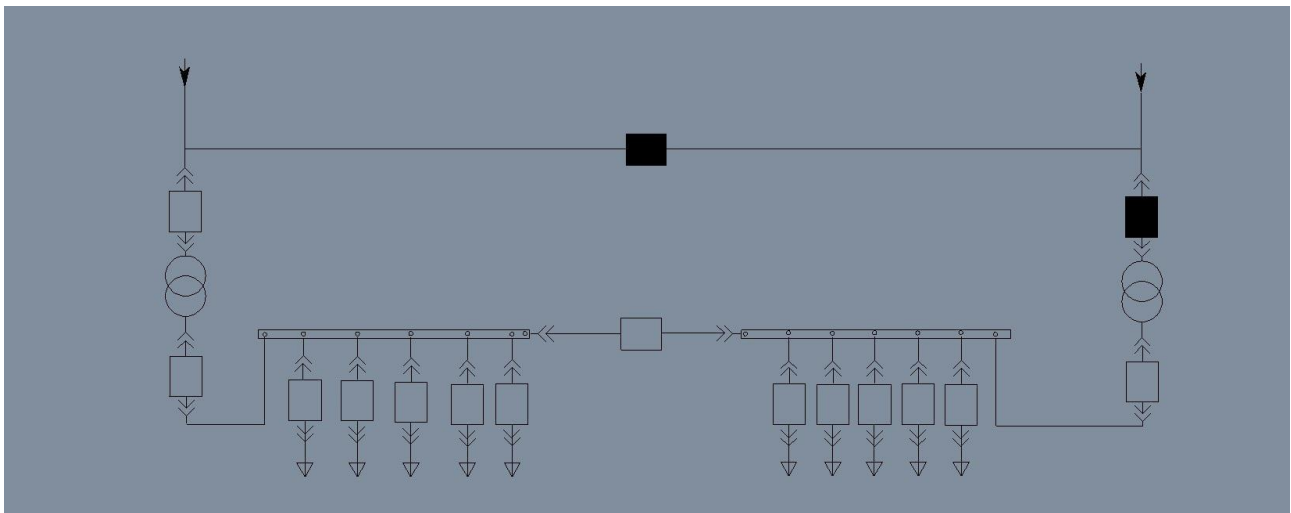


Рисунок 2 - Схема питания электрической энергией для предприятия в период минимального потребления энергии

Как показано на рисунке 2, трансформатор по правой стороне отключен в период времени минимального потребления электрической энергии предприятием, что значит, потери холостого хода на данном трансформаторе отсутствует. Что уже на примере данного участка сети снижает общие потери электроэнергии.

Оптимальным решением по снижению потерь холостого хода - это замена выключателей, перед трансформаторами и на линиях связи между шинами, на автоматические приборы отключения и обратного включения при уменьшении, на отключение, и увеличении, на включение, мощности порога равной мощности в период минимума потребления электроэнергии. Данная схема позволит уменьшить потери холостого хода на предприятие, без риска для аварийных ситуаций.

В настоящее время уже проведены уже множество способов снижения потерь холостого в трансформаторах путем снижения величины магнитного потока, применения электротехнической стали с пониженными потерями на гистерезис и прочее [2]. В рамках статьи был рассмотрен способ уменьшения потерь, путем уменьшения используемых трансформаторов в сети электроснабжения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воротницкий В.Э., Калинкина М.А. Расчет, нормирование и снижение потерь электроэнергии в электрических сетях. Учебно-методическое пособие. – М.: ИПК госслужбы, 2000.
2. Цицорин А.Н. О физических процессах изменения магнитных свойств электротехнической стали и росте потерь холостого хода силовых трансформаторов в процессе их эксплуатации // Электротехника. – 2011. – № 3. – С. 52–57.

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ БОЛЬШИХ ПУСКОВЫХ ТОКОВ ПРИ ПУСКЕ ТРЕХФАЗНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Девянин Александр Александрович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:aleksandr-devyanin@bk.ru

Овсеян Ваник Алексанович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:ovseryanvanik@yandex.ru

Научный руководитель - Компанеев Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail:komprbs@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Показано применение асинхронных машин в народном хозяйстве, описана проблема пуска асинхронного двигателя в связи с высоким значением пускового тока, рассмотрены возможные схемы пуска асинхронного двигателя как пути решения данной проблемы, определены наиболее эффективные устройства пуска асинхронного двигателя.*

**Ключевые слова:** асинхронный двигатель, короткозамкнутый ротор, фазный ротор, пусковой ток, способы пуска.

В настоящее время в мировой практике наиболее распространённым типом электрических машин являются асинхронные машины. Подавляющее большинство асинхронных машин применяется в качестве двигателей, лишь крайне малая их доля используется в качестве генераторов [1]. Наибольшее применение в народном хозяйстве получили трёхфазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором, так как они дешевле, легче в производстве, удобнее и надежнее в эксплуатации и обслуживании, обладают большей мощностью и пусковым моментом.

Основной проблемой, которая возникает при пуске асинхронных двигателей, являются большие пусковые токи, значения которых могут составлять от пяти до десяти значений номинального тока двигателя. Возникновение больших значений пусковых токов рассмотрим на примере трехфазного асинхронного двигателя: при подаче напряжения на обмотки статора возникает круговое вращающееся магнитное поле, которое наводит в обмотке ротора ЭДС, в результате чего в ней начинает протекать электрический ток [2]. В момент пуска ротор двигателя неподвижен, и магнитное поле пересекает ротор с частотой питающей сети. Это приводит к наведению больших ЭДС и протеканию высоких токов по обмотке ротора. Так как между обмотками статора и ротора существует трансформаторная связь, то при коротком замыкании ротора в обмотке статора также будут протекать большие токи. В связи с тем, что ротор достаточно быстро приводится во вращение, происходит уменьшение скольжения асинхронного двигателя, сопровождающееся уменьшением наводимых в обмотке ротора ЭДС и токов.

Хоть пусковые токи и являются кратковременными, их протекание сопровождается следующими негативными явлениями:

1. ложное срабатывание защитных коммутационных аппаратов, например, автоматических выключателей. Выбор автоматических выключателей с большими значениями номинальных токов недопустим, так как при аварийных ситуациях и превышении номинального тока двигателя они могут не сработать в требуемое время;

2. выделение большого количества тепловой энергии в обмотках статора и ротора, что приводит к их чрезмерному нагреву и может сопровождаться повреждением изоляции – это, в свою очередь, может вызвать межвитковое короткое замыкание; кроме того, может произойти подгорание контактов двигателя;

3. недопустимые падения напряжения в сети и скачки тока.

На данный момент существуют способы пуска асинхронных двигателей с уменьшением величины пускового тока: реакторный пуск, автотрансформаторный пуск, пуск переключением «звезда - треугольник», пуск двигателей с фазным ротором с применением пусковых реостатов, пуск с применением преобразователя частоты («привода») или устройств плавного пуска (УПП).

Самыми высокоэффективными устройствами по многим параметрам пуска являются «приводы» и УПП. Их основным преимуществом, помимо уменьшения величины пусковых токов, по сравнению с остальными, является возможность плавного регулирования скорости вращения ротора, что позволяет избегать, резкие рывки при пусках и остановках, т. е. осуществляют защиту приводного механизма, устраняют износ подшипников и скольжение ремней. Это особенно полезно при остановке двигателей, отвечающих за движение конвейерных лент, что позволяет сохранить целостность хрупкого материала, а также в насосных системах, предотвращая гидроудары и скачки давления. Однако на ряду, с преимуществами у данных устройств есть существенный недостаток - высокая стоимость.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андрианов В.М. Электрические машины и аппараты [Текст] / В.М. Андрианов. – Москва: «Колос», 1971. – 448 с. с илл. (Учебники и учебные пособия для высш. с.-х. учеб. заведений);
2. Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. – 3-е изд., перераб. – СПб.: Энергия, 1978. – 832 с., ил.

#### СОКРАЩЕНИЕ ЗАТРАТ ПРИ ПОЛНОМ ЦИКЛЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Казымов Иван Максимович, аспирант, старший преподаватель кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:bahek1995@mail.ru

Научный руководитель - Компанец Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Электрификация производства и быта», e-mail:kompbs@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Показаны основные методы снижения затрат на эксплуатацию электрооборудования при полном цикле его использования за счёт применения риск-ориентированного управления планированием и организацией технического обслуживания и ремонта электрооборудования. Приводятся основные направления анализа фактического состояния и методы оценки остаточного ресурса. Проанализирован достигаемый экономический эффект, достигаемый переходом от традиционных систем ТОиР к риск-ориентированным системам. Даны рекомендации по практическому использованию результатов проведённого исследования.*

**Ключевые слова:** *риск-ориентированный подход, снижение эксплуатационных затрат, планирование ремонтов, ТОиР, оценка фактического состояния электрооборудования, оценка остаточного ресурса.*

На сегодняшний день износ основного электросетевого оборудования значительно превышает 50% и имеет неуклонную тенденцию к росту [1, 2], в особенности это актуально для распределительных сетей низкого и среднего уровня напряжения. Повышенный износ оборудования приводит к росту аварийности, что, в свою очередь, приводит к нарушению режима электроснабжения потребителей по причине вынужденного простоя, связанного с ремонтом и восстановлением вышедшего из строя электрооборудования.

Повышение удельной аварийности в общем случае снижает надёжность электроснабжения и приводит к возникновению ущербов для всех сторон взаимодействия субъектов энергетики: производителей (в меньшей мере актуально для низкого и среднего уровня напряжения), организаций-операторов услуг по сбыту (недоотпуск электроэнергии) и передачи (недоотпуск электроэнергии и затраты, связанные с восстановлением оборудования) электроэнергии, а также для потребителей (вынужденный простой, выход из строя и порча имущества). Далее в настоящей статье рассматриваются ущербы применительно к электросетевым компаниям ввиду того, что именно данный сектор компаний несёт наибольшие затраты при выходе оборудования из строя.

Проведение ремонта и технического обслуживания всего находящегося на балансе электросетевых компаний силового электрооборудования невозможно по ряду причин [3]:



- отсутствие достаточного количества сотрудников для проведения ремонта требуемого качества имеющегося оборудования;
- отсутствие материальных средств для обеспечения материалами и/или запасными частями для ремонта;
- отсутствие возможности проведения полной замены единиц оборудования, не подлежащих ремонту и/или восстановлению.

Таким образом, приоритетным направлением развития электросетевых компаний является снижение затрат на эксплуатацию электрооборудования, как временно-трудовых, так и финансовых [4].

Снижение затрат на восстановление повреждённых элементов может быть достигнуто применением превентивных мер, заключающихся в профилактическом ремонте и техническом обслуживании. Однако применяемые в настоящее время системы ТОиР, заключающиеся в плановом проведении ремонтов (годовые, квартальные, месячные планы), характеризуются низким уровнем актуальности по причине подхода к оценке необходимости ремонта на основании только наработки элементов систем электроснабжения, без учёта фактического состояния и важности элемента для технологического процесса передачи электроэнергии. Важным этапом развития, позволяющим достигнуть значительного снижения затрат на эксплуатацию оборудования, могут стать современные риск-ориентированные системы, предполагающие подход к оценке необходимости вывода в ремонт на основании анализа значений рисков выхода из строя тех или иных элементов.

Известно, что риском в денежном выражении (финансовым риском) для оценки состояния технических объектов является произведение вероятности возникновения события на ущерб, возникающий при его реализации. Таким образом, могут быть отдельно проанализированы обе составляющие риска в денежном выражении для оценки технического состояния энергообъектов. Очевидно, что снижение риска может быть достигнуто за счёт совместного/раздельного (зависимого и независимого) снижения составляющих итогового риска.

Например, если вложение определённого объёма средств для снижения рисков возникновения аварии приводит к снижению объёмов резервирования средств на покрытие возможного ущерба и данное снижение объёмов резервирования с целью вложения средств в операционную и инвестиционную деятельность за счёт разовых вложений является экономически оправданным на рассматриваемом горизонте, то выполнение ремонтов является экономически оправданным.

Отсутствие вывода в ремонт оборудования, имеющего низкий риск выхода из строя, позволит перераспределить средства для направления их на выполнение ремонта тех единиц оборудования, которые имеют ключевое значение для осуществления надёжного электроснабжения потребителей.

Повышение надёжности электроснабжения в общем случае приводит к снижению издержек и дополнительному высвобождению средств для проведения дополнительных ремонтов и инвестирования в развитие электросетевого комплекса.

Основным преимуществом риск-ориентированного подхода перед традиционными способами организации планирования и проведения ремонтов является наличия критерия приоритетности при выборе ремонтируемого оборудования и вида ремонта, что отсутствует в традиционном подходе. Анализ фактического состояния оборудования может быть произведён дифференцированно по вероятности выхода из строя и затратам на проведение восстановительного ремонта.

На данном этапе разработан подход к сокращению затрат на проведение ТОиР оборудования при полном цикле эксплуатации электрооборудования. Результаты исследования могут быть использованы электросетевыми компаниями при составлении перспективных планов ремонта и технического обслуживания состоящего на балансе электрооборудования с учётом риск-ориентированного подхода к оценке необходимости и целесообразности выполнения ремонтов.

Дальнейшим направлением проведения исследований на данную тему могут являться работы по разработке вероятностного подхода к созданию риск-ориентированных систем управления планированием и проведением технического обслуживания и ремонта основного оборудования электроэнергетических систем.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Секретарев Ю.А. Риск-ориентированные модели управления ремонтом оборудования в системах электроснабжения с монопотребителем / Ю. А. Секретарев, В. М. Левин // Журнал Сибирского федерального университета. Серия: Техника и технологии. – 2021. – Т. 14. – № 1. – С. 17-32. – DOI 10.17516/1999-494X-0295. – EDN PAVQHT.
2. Кучерявенков А.А. Адаптированная риск-ориентированная система мониторинга и управления воздушных и кабельных линий / А. А. Кучерявенков // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2020. – № 1(58). – С. 70-73. – EDN LQRCFS.
3. Вивчарь Р.М. Риск-ориентированное управление созданием организационно-технических систем на основе использования имитационных моделей их функционирования / Р.М. Вивчарь, А.И. Птушкин, Б.В. Соколов // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Системный анализ и информационные технологии. – 2021. – № 2. – С. 17-31. – DOI 10.17308/sait.2021.2/3502. – EDN KKJWBE.
4. Иванов С.О. Риск-ориентированное моделирование системы безопасности в электроэнергетике / С.О. Иванов, М.В. Никандров // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике: материалы XI всероссийской научно-технической конференции, Чебоксары, 08 июня 2018 года. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2018. – С. 484-487. – EDN YSYJQL.

#### МЕТОДИКА РАСЧЁТА ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА С НЕМГНОВЕННОЙ КОММУТАЦИЕЙ

Кривошеева Анастасия Петровна, бакалавр кафедры ЭПБ, e-mail:nastasia.krivosheeva@yandex.ru  
Научный руководитель – Нефедов Сергей Федорович, к.т.н., доцент, e-mail:nfdv@inbox.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены недостатки стандартного подхода к расчёту переходных процессов при моделировании реально действующих электроустановок. Показана значимость коммутации как процесса, имеющего продолжительность во времени. Объяснена значимость математических моделей, опирающихся на идеальные эффекты, для изображения реальных объектов. Изложена суть подхода, объясняющего способ моделирования переходного процесса с учётом мгновенной коммутации.*

**Ключевые слова:** переходный процесс, мгновенная коммутация, моделирование, электроустановка, методика.

Любое оборудование, которое задействовано в электроэнергетике (необходимое для производства, передачи и преобразования электроэнергии) характеризуется неизменностью значений токов и напряжений в установившемся режиме или изменчивостью по периодическому закону. Различное изменение характеристик цепи или параметров входящих в нее элементов нарушает устойчивость токов и напряжений. В результате этого режим работы цепи переходит в неустановившийся.

Некоторое изменение режима работы электрической цепи: включения, выключения, обрывы, короткие замыкания - называется коммутацией. При переходе из одного установившегося режима к другому, который характеризуется неустановившимися процессами, возникают явления, называемые переходными процессами. При протекании переходных процессов, в отдельных ветвях и на отдельных элементах токи и напряжения на некоторое время могут значительно превышать номинальные значения для оборудования. Возникновение таких опасных ситуаций касается и продолжительности существования перенапряжений

и превышений номинала по току, поскольку даже при незначительных превышениях они со временем приводят к повреждению оборудования.

Стандартное представление о переходных процессах в электроустановках опирается на строгий математический аппарат, оперирующий идеальными понятиями [1, 2]. С точки зрения моделирования это предельно удобный подход, поскольку он позволяет точно описывать любые природные явления. Однако эксплуатация идей такого подхода может приводить к значительным погрешностям при моделировании.

В частности, в теории переходных процессов отдельное внимание уделяется понятию коммутации как событию, инициирующему возмущение в электрической цепи. И отдельно подчёркивается, что в отличие от процесса, коммутация, будучи событием, не имеет продолжительности как таковой. То есть время её существования равно нулю. Но следует иметь в виду, что таким отношением к понятию коммутации для реальных электроустановок нельзя заменить процессы, происходящие в момент их переключений. Реальные переключения (или аварийные ситуации) в электроустановках имеют продолжительность, и должны описываться иными кривыми, чем те, которые предлагает в упрощённой форме стандартный математический аппарат.

Существует ряд методов, позволяющих моделировать переходные процессы в электрических цепях с различной конфигурацией [3]. К ним относят:

- Классический метод, использующий дифференциальные уравнения напрямую.
- Операторный метод, опирающийся на полиномиальную аппроксимацию.
- Метод получения кривой переходного процесса при помощи интеграла Дюамеля.
- Частотный метод, использующий теорию Фурье, как частный случай операторного.
- Метод переменных состояния.

Каждый из этих методов опирается на строгое понятие коммутации, которое при явном применении не отражает в полной мере процессов, происходящих в электроустановке при переходе в неустановившийся режим.

Для того, чтобы детально рассмотреть указанную проблему, следует чётко представлять разницу между физическими элементами в электрической цепи и чистыми эффектами, которые эти элементы производят. По сути, речь идёт о составляющих, которые формируют общую картину природного явления согласно принципу наложения. И они позволяют получать идеализированное решение для реальных электроустановок. К примеру, катушка индуктивности укрупнённо может быть представлена как совокупность последовательно соединённых активного и индуктивного эффектов. Эту идею обязательно следует использовать при моделировании реально действующих объектов, потому что она, во-первых, отражает суть природного явления, а во-вторых, строго соответствует применяемому математическому инструментарию.

Чтобы говорить о моделировании явления коммутации как физического переключения реальной электрической цепи, следует выбрать базовый математический аппарат, с помощью которого это явление будет детально описано. Для этой цели хорошо подходит классический метод расчёта переходных кривых, так как он изображает указанные процессы напрямую, и не только позволяет описать рассматриваемые эффекты, но и делает это явно, без использования каких бы, то, ни было инструментов аппроксимации.

Суть предлагаемого нами подхода опирается на представление о переходном процессе в цепи как на изменение конфигурации этой цепи в такую, что коммутируемая ветвь будет рассматриваться в виде участка цепи с динамически изменяющимся сопротивлением. Иллюстрация такого подхода представлена на рисунке 1.

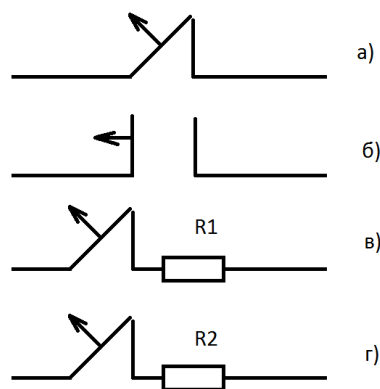


Рисунок 1 – Иллюстрация подхода для немгновенной коммутации

Например, исходная ветвь имела участок, содержащий ключ, что отображено на рисунке 1.а. Сопротивление этого участка принимается за ноль. После коммутации (размыкание ключа) сопротивление данного участка принимается равным не бесконечности как указано на рисунке 1.б, что и подразумевает стандартное представление о коммутации, а некоторому активному сопротивлению, по которому продолжает течь ток, как это происходит в реальности – рисунок 1.в. Важно отметить, что в этом случае для уже начавшегося переходного процесса цепь будет находиться в неустановившемся режиме. Процесс продолжается, поэтому рисунок 1.в содержит ключ, подразумевающий на следующем этапе переход в новое состояние, которое изображено на рисунке 1.г. Имеется в виду, что сопротивление  $R2 > R1$ . Таким образом весь процесс описывается итерационно с учётом предыдущих состояний, то есть новых начальных условий, и с учётом неоконченных свободных составляющих вплоть до окончательного перехода к состоянию, изображённому на рисунке 1.б и разрыва ветви. Отдельно следует отметить, что в рамках применения классического метода для решения такой задачи понятие коммутации как события, то есть бесконечно короткого с точки зрения времени явления не упраздняется. Идея о бесконечно короткой коммутации остаётся внутри данного подхода и полностью сочетается со стандартным представлением о применении классического метода для расчёта переходных процессов в линейных электрических цепях.

Точность данного подхода может варьировать в зависимости от числа выбранных итераций для изображения немгновенной коммутации, то есть физического размыкания контактов электроустановки.

Примечателен и тот факт, что для получения гладких кривых при моделировании разных коммутационных ситуаций в одной и той же электроустановке можно регулировать число итераций в зависимости от предварительных оценочных значений коэффициентов затухания. Это может быть связано с величиной оказывающих влияние на переходный процесс напряжений или плотности магнитных потоков, поддерживающих токи в коммутируемых ветвях.

В итоге мы получили концепцию с плавающей точностью расчёта переходных кривых, при которой мысль о коммутации на промежуточных итерациях сохраняется как идея о бесконечно кратковременном событии, что полностью вписывается в стандартный подход. Однако сам переходный процесс в электрической цепи в целом будет содержать в себе коммутацию как явление процесса, а не события. Это точнее отражает реальные возмущения, происходящие в электрических цепях в результате переключений.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. Изд.11-е перераб. и доп. [Текст] / Л. А. Бессонов – М., «Гардарика», 2007. – 701 с.

2. Основы теории цепей. Учебник для вузов. Изд.4-е, переработанное. [Текст] / М., «Энергия», 1975. – 752 с.

3. Теоретические основы электротехники [Электронный ресурс] – Электрон. дан., [2020] Режим доступа: <http://www.toehelp.ru/theory/toe/lecture24/lecture24.html> – Загл. с экрана.

## ОБЗОР ЗАДАЧ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РОССИЙСКОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Кудряшев Андрей Васильевич, магистрант гр. 8Э-02, e-mail: [achozen2011@mail.ru](mailto:achozen2011@mail.ru)

Научный руководитель - Нефедов Сергей Федорович, к.т.н., доцент, e-mail: [nfdv@inbox.ru](mailto:nfdv@inbox.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрены аспекты развития современной электроэнергетики в фарватере индустриализации 4.0, проведён обзор требований, изложенных в документации ПАО «Россети» к осуществлению цифровой трансформации в сетях электроснабжения. Рассмотрены проблемы и перспективы по данному направлению в рамках прикладных задач, которые выполняются автором на объектах энергопромышленного комплекса.*

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, дистанционное управление, интеллектуальные счётчики, интеллектуально-адаптивные системы, цифровые подстанции.

Перспективы завтрашнего дня занимают алгоритмы искусственного интеллекта (ИИ) внедренные в общую систему электроэнергетики, мониторинг сетей электроснабжения с помощью дронов, электронный контроль параметров электрооборудования и т.д. Целью такого перехода на цифровизацию является необходимость оперативного контроля качества отпускаемой электроэнергии, выявление и устранение ошибок в работе различных подсистем электроснабжения, узлов и агрегатов. Это связано с тем, что зачастую аварийные процессы развиваются, когда сотрудники энергокомпаний ещё не подозревают об этом.

Корректный выбор мероприятий, и самое главное, технических решений в данной проблемной области позволит повысить безопасность работы энергосистемы и её надёжность.

Переход на новую парадигму управления электроустановками, цифровой контроль сетей электроснабжения и общей цифровизации называется цифровой трансформацией. Однако речь не идёт о повсеместном отходе от традиционной компоновки сетей. Важно понимать, что это дорогостоящий набор мероприятий. К тому же разработка тех или иных видов дополнительного программного обеспечения, обучение и настройка ИИ, в частности нейронных сетей – всё это влечёт за собой колоссальные финансовые затраты.

Однако, дистанционное управление и контроль состояний элементов инфраструктуры электроснабжения, как в нормальных, так и в аварийных режимах с помощью перехода на цифровизацию позволит с одной стороны сократить количество персонала, необходимого для обслуживания сетей, а с другой – внедрить новые более технологичные и комфортные для сотрудников профессии [1]. Ведь автоматика сама нуждается в обслуживании и настройке.

Представим работу системы электроснабжения поэтапно.



Рисунок 1 – Схема производства электроэнергии (ЭЭ), её преобразование, и передача потребителю.

Отсюда выливается деление системы автоматизации электроснабжения на три ключевые части, а именно: автоматизированное производство электрической энергии, автоматизация передачи электроэнергии, т. е. так называемые «умные сети электроснабжения» и автоматизация преобразования электроэнергии. Речь идёт о «цифровых комплектно-трансформаторных подстанциях – КТП».

Согласно сведениям от ПАО «Россети» – крупнейшей в России и мире энергетической компании, первостепенными ключевыми направлениями инновационного развития «умных сетей» является переход к полномасштабному внедрению цифровых КТП и цифровых активно-адаптивных сетей с распределенной интеллектуальной системой автоматизации и управления.

Поэтому для того, чтобы заниматься планированием и осуществлением мероприятий по цифровой трансформации на объектах электроэнергетики в Российской Федерации, следует ориентироваться на цели и задачи, поставленные на федеральном уровне.

В этой связи рассмотрим ключевые технологии достижения инновационной политики ПАО «Россети» [2]:

- интеллектуальные счётчики (приборы учёта), с возможностью внедрения в единую систему управления, обеспечивающие передачу информации в реальном времени о параметрах работы сети;
- интеллектуально-адаптивные системы постоянного дистанционного мониторинга и диагностики работы оборудования с возможностью внедрения в единую систему управления автоматизации электроснабжения.

Таким образом, необходима постепенная модернизация имеющихся подстанций и сетей интеллектуальными средствами автоматизации. Но необходимо учитывать влияние на данные средства мониторинга различных условий и факторов при модернизации подстанций. Однако, в условиях ограничения финансирования на установку и внедрение данных систем дистанционного отслеживания параметров сети необходимо также решить задачу подбора оптимального состава технических средств мониторинга и управления интеллектуальными распределительными сетями.

Моя научная работа подразумевает необходимость обязательного учёта описанных условий и факторов при работе с оборудованием КТП.

В процессе написания данной статьи была решена задача анализа предметной области и выявления факторов, негативно и позитивно влияющих на ускоренный переход российской электроэнергетики на рельсы индустрии 4.0, цифровизации и интеграции сетей электроснабжения в единую систему контроля всех параметров.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Министерство энергетики Российской Федерации. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. [Электронный ресурс]: Справочная информация, 2020. – Режим доступа: <https://minenergo.gov.ru/node/1026> – Загл. с экрана. Дата обращения: 09.04.2022.
2. Россети. Концепция «Цифровая трансформация 2030». [Электронный ресурс]: Справочная информация, 2018. – Режим доступа: [https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya\\_Tsifrovaya\\_transformatsiya\\_2030.pdf](https://www.rosseti.ru/investment/Kontseptsiya_Tsifrovaya_transformatsiya_2030.pdf) – Загл. с экрана. Дата обращения: 09.04.2022.

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ В ФИЛИАЛЕ ПАО «РОССЕТИ СИБИРЬ»– «АЛТАЙЭНЕРГО»

Кузьмин Андрей Олегович, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта»,  
e-mail:kuz-andrey12@mail.ru

Раисов Тимур Ринатович, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта»,  
e-mail:timur.raisov98@mail.ru

Научный руководитель - Воробьев Николай Павлович, д.т.н., доцент, e-mail:vnprol51p@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Цель статьи – сформулировать основные принципы при разработке системы управления рисками в филиале ПАО «Россети Сибирь» - «Алтайэнерго». В результате исследования проведено разграничение рисков, возникающих на разных этапах внедрения системы управления рисками в филиале ПАО «Россети Сибирь» - «Алтайэнерго». Сформулированные принципы применительно к системе управления рисками в филиале ПАО «Россети Сибирь» - «Алтайэнерго» позволят энергокомпаниям выстраивать оптимальную стратегию поведения на рынке, оптимизируя рыночный портфель и оценивая величину капитала, необходимого для компенсации возможных потерь.*

**Ключевые слова:** риск, управление, система, электроэнергетический рынок, компании

**Введение.** Риск на рынке электроэнергии Российской Федерации - объективно-субъективная категория, которая связана с вероятностью наступления нежелательных событий в условиях неопределенности и противоречивости интересов различных субъектов рынка электроэнергии и может отражать величину их потерь вследствие несогласованных действий этих субъектов [1]. Разнообразие интересов конкурирующих субъектов рынка обусловлено, прежде всего, принципиально новыми механизмами установления цены продажи электроэнергии. Рынок электроэнергии Российской Федерации существенно отличается от традиционных финансовых рынков, что усложняет процедуру управления рисками субъектов такого рынка, в частности, посредством ценообразования и разработки соответствующих механизмов такого управления [2].

**Методы.** В соответствии с принципами системного подхода и теоретико-методологическими предпосылками для построения научно обоснованной классификации рисков в электроэнергетической компании используется общая методология управления рисками субъектов рынка электроэнергии.

**Результаты.** Для предприятий, производящих электроэнергию, характерны особые риски, которые связаны со сферой их деятельности и особенностями производства. Такие риски причисляют к чистым рискам и называют технологическими, производственными или физическими. Наиболее значительным признаком, от которого зависят и по которому выводятся все остальные признаки риска, является вероятность столкновения противоречивых интересов различных групп субъектов рынка электроэнергии в процессе обоснования решений по развитию отрасли. Классификация рисков позволяет разработать эффективную схему управления рисками субъектов электроэнергетического рынка.

Процесс управления риском включает следующие этапы [3]:

- идентификация и классификация риска;
- установление необходимости начала экономической деятельности;
- качественный и количественный анализ рисков;
- опосредованное снижение степени риска;
- планирование реагирования на риски;
- контроль текущей обстановки;
- реагирование на риски;
- разработка инструментов понижения рисков.

Классификация должна базироваться на одном из наиболее существенных признаков, от которого происходят и зависят другие признаки объектов классификации. В соответствии с вышеупомянутой методологией построения классификации данные риски относительно причин и источников возникновения относятся к разным уровням классификации. Общая классификация реализована чуть иначе. Согласно ей, в зависимости от результата, риски можно разделить на чистые и спекулятивные, в зависимости от причины возникновения – техногенные, природные, экологические, политические, транспортные, коммерческие. Коммерческие риски делятся на имущественные, производственные, торговые, маркетинговые, общие, финансовые. Финансовые риски делятся на инфляционные, дефляционные, валютные, риски ликвидности, инвестиционные, риск упущенной выгоды, риски снижения доходности, риски прямых экономических потерь (риск банкротства, избирательный риск, биржевой риск) [3].

Согласно признанной стандартной классификации, главными угрозами для деятельности всех хозяйствующих субъектов, а не только финансовых институтов являются: рыночные риски, кредитные риски, риски ликвидности, операционные риски, бизнес-события [1]. Концепция управления риском претерпевает изменения во всех сферах деятельности человека. В частности, концепция «безопасность – риск» заменяется концепцией «устойчивое развитие – риск». Это обосновано тем, что критики концепции безопасности считают, что генерирующие компании могут стать не рентабельными, и не смогут выдерживать конкуренции. В связи с этим, некоторым энергокомпаниям лучше прекратить свою деятельность из-за слишком высокой или низкой защищенности. Применительно к электроэнергетике в качестве общей классификации предлагается выделять следующие риски:

- риски, связанные с опасностью для жизни людей, естественные, экологические (практическое отсутствие достоверных и репрезентативных статистических данных);
- производственно-технологические (отражают вероятностные последствия отказов технических систем и их элементов);
- правовые (невозможность создания эффективного механизма управления рисками на основе действующего законодательства);
- финансово-экономические (отсутствие данных о реальной стоимости и техническом состоянии электрооборудования, практическая невозможность получения объективной технико-экономической информации о последствиях разного рода аварий, повреждений, сбоев);
- социально-политические;
- информационные;
- коммерческие [4].

Управление рисками энергопредприятий должно развиваться в рамках российских и международных программ (Программа развития электрических сетей напряжением 35-110 (150) кВ и определение объемов реконструкции электрических сетей напряжением 0,4-10 кВ на 2007-2011 годы и другие). Экономическая политика управления рисками должна основываться на международном опыте, например, в соответствии со стандартом COSO ERM Framework «Концептуальные принципы управления рисками организаций» и принципов, выработанных Международным Базельским комитетом.

**Обсуждение.** Рассмотрим содержание и назначение вышеперечисленных способов управления. Построение интегрированной системы риск-менеджмента в филиале ПАО «Россети Сибирь» - «Алтайэнерго» может выполняться для достижения следующих целей:



- оптимизация распределения ресурсов основных производственных фондов в условиях высокого износа для обеспечения максимальной надежности деятельности энергокомпании;

- обеспечение эффективного взаимодействия с инфраструктурными компаниями и участниками рынка электрической энергии страны;

- обеспечение руководства компании достоверной и своевременной информацией для принятия управленческих решений.

Если для построения системы управления рисками в филиале ПАО «Россети Сибирь» - «Алтайэнерго» действовать в рамках системного подхода, то необходимо выполнить следующие шаги:

- формирование политики управления рисками на уровне совета директоров с определением толерантности к риску по основным направлениям деятельности компании и связанной с иерархией управления и ресурсами компании;

- идентификация и ранжирование групп рисков по основным направлениям деятельности на уровне топ-менеджмента компании;

- декомпозиция, оценка основных групп рисков и определение способов управления рисками (уклонение, компенсация, минимизация и т. п.) на уровне исполнительного менеджмента;

- формирование интегральных карт полномочий и ответственности за управление рисками по всей иерархии управления и различными функциональными подразделениями компании.

Таким образом, лишь комплексный подход на основе лучших мировых практик, наличие системы государственного контроля с жесткими санкциями за нарушение позволит ввести новую модель энергетического рынка с максимальной эффективностью.

**Выводы.** Решение системной проблемы обеспечения надежности в электроэнергетике затруднено в связи с тем что, структура организации и принципы сотрудничества государства и бизнеса в данной области оказались недостаточно эффективными. В результате исследования проведено разграничение рисков, возникающих на разных этапах внедрения системы управления рисками в филиале ПАО «Россети Сибирь» - «Алтайэнерго». Оценка рисков в филиале ПАО «Россети Сибирь» - «Алтайэнерго» и использование соответствующих методов управления ими позволят энергокомпании выстраивать оптимальную стратегию поведения на рынке, оптимизируя рыночный портфель и оценивая величину капитала, необходимого для компенсации возможных потерь.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Потемина Д.В., Ряховская А.Н. Управление рисками в энергетических компаниях // Стратегии бизнеса. 2020. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-riskami-v-energeticheskikh-kompaniyah-1> (дата обращения: 08.04.2022).

2. Камчатова Е.Ю., Сухова М.И. Формирование стратегий развития энергетических компаний // Вестник ГУУ. 2018. №10. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-strategiy-razvitiya-energeticheskikh-kompaniy> (дата обращения: 08.04.2022).

3. Когденко В.Г. Исследование рисков компаний в рамках стейкхолдер // Экономический анализ: теория и практика. 2018. №6 (477). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-riskov-kompaniy-v-ramkah-steykholder> (дата обращения: 08.04.2022).

4. Камчатова Е.Ю., Костенко А.В. Риски энергетических компаний // Вестник ГУУ. 2016. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/riski-energeticheskikh-kompaniy> (дата обращения: 08.04.2022). Камчатова Екатерина Юрьевна Управление рисками генерирующих энергокомпаний // Вестник ГУУ. 2018. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/upravlenie-riskami-generiruyuschih-energokompaniy> (дата обращения: 08.04.2022).

## ОЦЕНКА ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ПРИ СУЩЕСТВЕННОЙ НЕСИММЕТРИИ НАГРУЗОК

Кундель Сергей Алексеевич, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: serzh.kundel@mail.ru

Осипов Кирилл Андреевич, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail: mr.osipov2014@inbox.ru

Научный руководитель - Компанеев Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Электрификация производства и быта», e-mail: kompbs@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В данной работе рассмотрены причины неравномерности нагрузки в электрической сети, и расчет на примере трехфазной сети с нулевым проводом на основе законов Кирхгофа и согласно методики МинЭнерго РФ. В работе дается оценка влияния токов, протекающих в нулевом проводе и существенной несимметрии нагрузок на точность расчета потерь электрической энергии. Произведенные расчеты показывают, что результаты расчетов действующей методики МинЭнерго отличаются от фактических значений нагрузки и, как следствие, потерь нагрузки.*

**Ключевые слова:** Муфты кабельные, охранная зона, неравномерность нагрузок, однофазная нагрузка, силовой трансформатор, транспозиция фаз.

Потери электроэнергии есть разница между количеством электроэнергии, которое поступило в электрическую сеть и объемом электроэнергии, который был отпущен из этой сети. Точность определения потерь важна, поскольку неверно рассчитанные потери закладываются в стоимость электроэнергии, которую оплачивает потребитель.

Согласно приказу от 30.12.2008 N 326 МинЭнерго, действует методика расчета потерь мощности в линиях, в которой для определения потерь принимаются усредненные значения токов в фазах [1].

В методике МинЭнерго применяется формула:

$$\Delta P_{\text{МинЭнерго}} = I_{\text{ср}}^2 R \quad (1)$$

При расчете применяется усредненное значение токов трех фаз, при этом влияние нулевого провода не учитывается.

Для определения потерь был произведен расчет токов фазных и нулевого проводников [2]

В данной методике не учитывается целый ряд факторов, таких как:

- значения токов, протекающих в нулевом проводе (нулевой провод является своеобразным фильтром токов нулевой последовательности, утроенное значение которых возникает при несимметричной нагрузке);
- неравномерная величина токов различных фаз, следовательно не учитывается квадратичная зависимость потерь от протекающего тока.

Причины, вызывающие неравномерность нагрузок, можно свести к различиям в сопротивлении фаз между собой. Можно выделить следующие основные виды причин, вызывающие неравномерность нагрузок:

- Однофазные потребители. *Однофазная нагрузка* при импульсном включении трансформатора с низким коэффициентом мощности ( $\cos\varphi$ ) нагружает сеть неравномерно и ухудшает работу других потребителей энергии,  $\cos\varphi$  повышают введением емкости или дополнительного переменного сопротивления, компенсирующего индуктивность.

- Расположение отдельных фаз линии электропередач на различное высоте относительно земли, что вызывает различие зарядных емкостей фаз и неравномерное распределение сопротивления линии. Для компенсации данного явления в протяженных линиях применяется транспозиция фаз.

- Несимметричное расположение магнитопровода трансформатора. На рисунке 1 представлен пример выполнения магнитопровода трехфазного трансформатора, где несим-

метрия обусловлена тем, что длина магнитопровода для средней фазы несколько короче, чем для крайних.

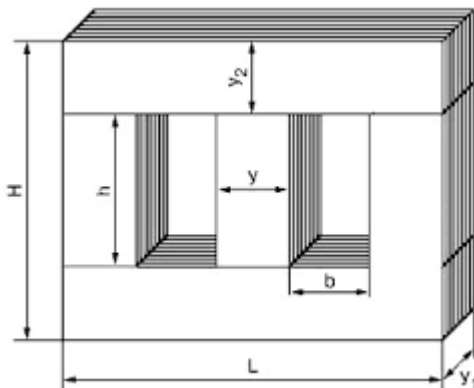


Рисунок 1 – Магнитопровод трансформатора

- Нарушение сопротивления токоведущих частей. Причинами нарушения сопротивления является: повреждение наружных контактов; износ провода; наличие муфт в кабельных линиях различных классов напряжений.

Описанные выше причины приводят к разным значениям токов и напряжений в фазах ЛЭП, стоит учесть, что токи различаются как по модулю, так и по углу отклонения от напряжения- данный фактор будет влиять на величину возникающих в линии потерь электроэнергии. Таким образом, неравномерность нагрузки приводит к ошибкам в определении потерь электроэнергии.

Произведем оценку погрешности определения потерь электроэнергии по методике, утвержденной приказом от 30.12.2008 N 326 МинЭнерго при равномерной и неравномерной нагрузке. Для этого выполним расчет токов в трехфазной сети с нулевым проводом, определим величину выделившихся потерь по законам электротехники и сравним с методикой, изложенной в приказе МинЭнерго. Определение погрешности расчета по методике МинЭнерго производилось относительно расчета токов и потерь в схеме методом узловых потенциалов по формуле:

$$\delta_{(\Delta P)} = \frac{\Sigma \Delta P_{\text{Расч}} - \Delta P_{\text{МинЭнерго}}}{\Sigma \Delta P_{\text{Расч}}}, \quad (2)$$

Расчетная схема представлена на рисунке 2.

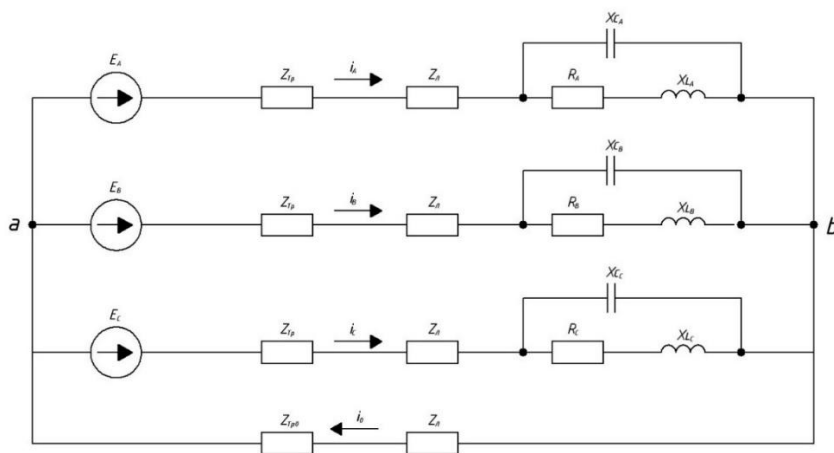


Рисунок 2 – Расчетная схема трехфазной цепи с нулевым проводом

Приняты следующие расчетные значения сопротивлений трансформатора, линий и нагрузок:

$Z_{mp} = 0,7 + 2i$  – сопротивление трансформатора приведенное к одной фазе;

$Z_l = 0,4 + i$  – сопротивление фазных и нулевого проводников линии;

$R_{нА} = 10 \text{ Ом}; X_{ЛнА}=10 \text{ Ом}; X_{СнА}= -15 \text{ Ом}$  – сопротивление нагрузки, подключенной к фазе А;

$R_{нВ} = 10 \text{ Ом}; X_{ЛнВ}=15 \text{ Ом}; X_{СнВ}= -15 \text{ Ом}$  – сопротивление нагрузки, подключенной к фазе В;

$R_{нС} = 15 \text{ Ом}; X_{ЛнС}=5 \text{ Ом}; X_{СнС}= -15 \text{ Ом}$  – сопротивление нагрузки, подключенной к фазе С;

$$E_a = 220 \text{ В}$$

$$E_b = -110 + 190,53i \text{ В}$$

$$E_c = -110 - 190,53i \text{ В}$$

Предложенная методика расчета основана на методе узловых потенциалов. Расчет производился для случаев равномерной нагрузки и различных вариантов неравномерного распределения нагрузок.

Для определения потерь был произведен расчет токов фазных и нулевого проводников [3]:

$$I_A = 10,63 + 1,88i \text{ А},$$

$$I_B = -7,41 + 4,48i \text{ А},$$

$$I_C = -2,83 - 17,49i \text{ А},$$

$$I_0 = -0,39 + 11,13i \text{ А},$$

$$I_{cp} = 12,39 \text{ А}.$$

Произведем расчет потерь электроэнергии в линии непосредственным расчетом согласно формуле (2):

$$\Sigma \Delta P = 10,797^2 \cdot 0,4 + 8,661^2 \cdot 0,4 + 17,714^2 \cdot 0,4 + 11,136^2 \cdot 0,4 = 251,755 \text{ Вт}$$

По методике, предлагаемой Министерством Энергетики, учитывается только среднее значение тока, не учитывающее ток, протекающий в нулевом проводе, потери определяются по формуле (1)

$$\Delta P_{\text{МинЭнерго}} = 0,4 \cdot 12,391^2 = 184,236 \text{ Вт}$$

В результате погрешность потерь, возникающая при расчете по методике МинЭнерго, определяется по формуле 3

$$\delta_{(\Delta P)} = \frac{251,755 - 184,236}{251,755 \cdot 100\%} = 26,819 \%$$

В рассмотренном примере погрешность определения потерь составила 26,8%, что на практике может привести к существенной ошибке.

Расчеты производились также при моделях ситуаций, когда изменяется активное сопротивление на фазах, при этом реактивные составляющие соответствуют исходным данным. Рассматривались ситуации, при которых реактивная индуктивная составляющая сопротивления изменялась, при этом активное сопротивление оставалось постоянным. По полученным результатам можно сделать вывод, что погрешность определения потерь при различных вариантах неравномерной нагрузке фаз в процентном соотношении варьируется от 8 до 30 %. В свою очередь, допустимая погрешность определения составляет 10%, следовательно, методика утвержденная приказом, нуждается во внесении необходимых корректировок для сетей 0,4 кВ, где преобладают однофазные потребители.

Точный метод расчета потерь позволяет снизить погрешность при определении потерь, однако, в реальных условиях для персонала ИТР в энергосбытовых организациях, такой расчет не является удобным для повседневного использования в связи с высокой трудоемкостью.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Приказ Министерства энергетики РФ от 30 декабря 2008 г. №326 «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям»

2. Теоретические основы электротехники. Электромагнитное поле: учебник для бакалавров / Л. А. Бессонов. — 11-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательство Юрайт, 2016. — 317 с.

## ВЫБОР СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С УЧЕТОМ КРИТЕРИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАЩИТЫ ОТ КОРОТКИХ ЗАМЫКАНИЙ ВНУТРЕННИХ СЕТЕЙ ОБЪЕКТОВ АПК

Нашекин Владислав Сергеевич, Казацкий Максим Александрович, бакалавры кафедры «Электрификация производства и быта», e-mail:vladn6743@gmail.com  
 Научный руководитель - Сошников Александр Андреевич, д.т.н., профессор, e-mail:aa@soshnikov.info

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрена возможность использования критерия эффективности защиты от коротких замыканий внутренних сетей объектов АПК при выборе параметров силовых трансформаторов. Представлены номограммы для выбора трансформаторов, обеспечивающих эффективную защиту при использовании выключателей различных типов с разными номинальными токами тепловых расцепителей*

**Ключевые слова:** силовой трансформатор, короткое замыкание, электрическая защита, критерий эффективности, номограмма.

Выбор параметров силовых трансформаторов, а также линий распределительных электрических сетей при проектировании систем электроснабжения в АПК производится по экономическим показателям, в частности, интервалам экономической нагрузки, с последующей проверкой по техническим критериям: допустимому току, допустимой потере напряжения, условиям запуска асинхронных электродвигателей и другим. Оценка уровня токов короткого замыкания (КЗ) для этой цели действующими методиками не предусмотрена, хотя эффективность защиты от аварийных режимов существенно зависит от него зависит. Из-за низких значений токов КЗ в сетях 0,38 кВ АПК время срабатывания защиты в ряде случаев значительно превышает нормативные показатели, что может приводить к повышению вероятности электропоражения людей и животных, а также возникновения пожаров.

Эффективность электрической защиты может быть повышена при увеличении уровня токов КЗ, например, путем увеличения сечений проводов, а также использования трансформаторов со схемой соединения вторичной обмотки в зигзаг и повышения их мощности.

При этом критерием эффективности является достижение током однофазного КЗ в конце удаленного участка защищаемой выключателем линии порогового значения тока срабатывания электромагнитного расцепителя, в качестве которого может быть принято среднее значение, определяемое по защитной характеристике (таблица 1).

Таблица 1 – Средние значения тока срабатывания электромагнитных расцепителей автоматических выключателей серии ВА с характеристиками В и С

Тип выключателя	Пороговый ток срабатывания (А)					
	при номинальном токе теплового расцепителя (А)					
	16	25	32	40	50	63
ВА (В)	64	100	128	160	200	252
ВА (С)	120	188	240	300	375	473

Для оценки эффективности защиты внутренних сетей, находящихся в эксплуатации, удобно использовать номограммы, представленные в [1] в виде зависимостей тока однофазного КЗ в удаленных точках сети от протяженности и сечения проводов внешних линий для заданной мощности и схемы соединения обмоток силовых трансформаторов.

При проектировании систем электроснабжения для выбора параметров силовых трансформаторов целесообразно использовать зависимости тока однофазного КЗ в удален-

ных точках сети для трансформаторов разной мощности с различными схемами соединения обмоток от протяженности внешних линий для заданных сечений проводов.

Результаты расчета таких зависимостей, представленные в качестве примера в виде номограмм для внешней воздушной линии с проводами сечением  $50 \text{ мм}^2$  при схемах соединения обмоток силовых трансформаторов «звезда - звезда» и «звезда - зигзаг» и протяженности внутренних линий с алюминиевыми проводами сечением  $4 \text{ мм}^2$  до  $20 \text{ м}$ , приведены на рисунках 1 и 2. Номограммы позволяют без проведения расчетов выбрать параметры силовых трансформаторов с учетом критерия эффективности защиты от КЗ при использовании выключателей различных типов с разными номинальными токами тепловых расцепителей (ТР).

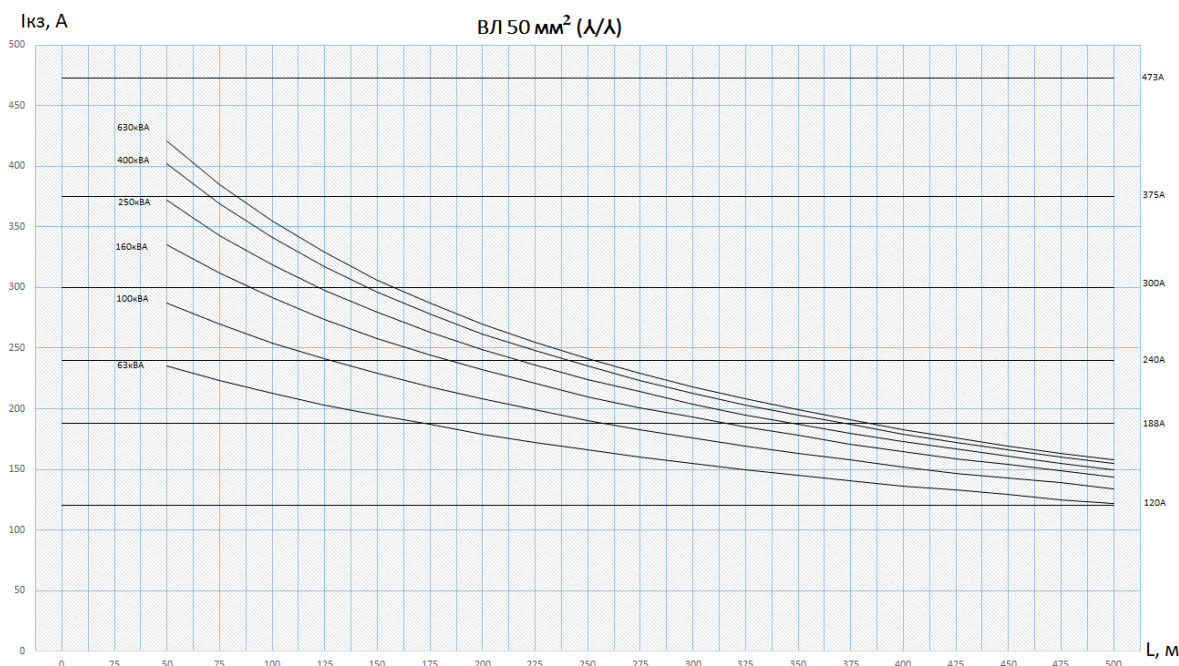


Рисунок 1 - Номограммы для выбора параметров силовых трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда - звезда»

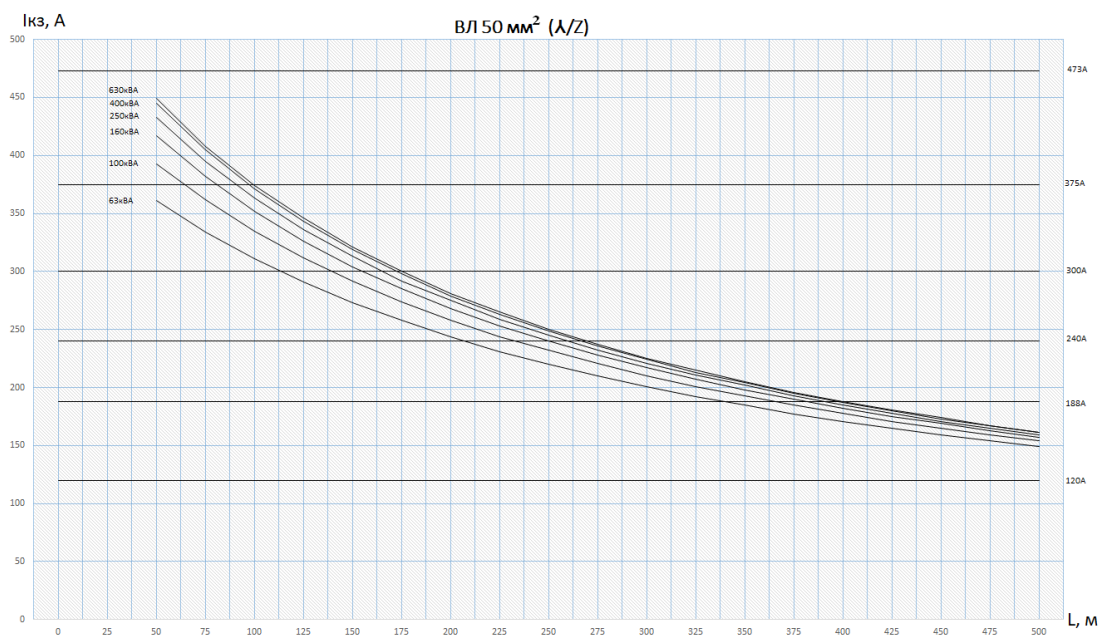


Рисунок 2 - Номограммы для выбора параметров силовых трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда - зигзаг»

Например, при удалении до 200 м от подстанции объекта электроснабжения, защищенного выключателями ВА с характеристиками типа С, эффективная защита может быть обеспечена для выключателей с номинальным током ТР до 32 А для трансформаторов мощностью не менее 250 кВА со схемой соединения обмоток «звезда - звезда». При соединении вторичной обмотки в «зигзаг» мощность трансформатора может быть снижена до 63 кВА.

Для выключателей ВА с характеристиками типа В с номинальным током ТР до 50 А эффективная защита обеспечивается при мощности трансформаторов со схемой соединения обмоток «звезда - звезда» 100 кВА и выше, а со схемой «звезда - зигзаг» - при мощности 63 кВА и выше.

Таким образом, процесс проектирования систем электроснабжения с учетом обеспечения эффективной защиты от коротких замыканий существенно упрощается за счет использования совокупности аналогичных рассмотренным, а также приведенным в [1] номограмм.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сошников А.А. Экспресс-оценка эффективности защиты в сетях 0,38 кВ с низким уровнем аварийных токов /А.А. Сошников, Е.В. Титов //Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2020, Т. 2, № 184, С. 158-163.

#### МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УРОВНЯ НАПРЯЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Петрова Арина Сергеевна, бакалавр кафедры «Электрификация производства и быта»,  
e-mail:petrovaarina@mail.ru

Научный руководитель - Компанеец Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail:kompbs@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Проведен анализ качества электрической энергии поставляемой сельским потребителям. Установлено, что зачастую сельским потребителям поставляется электрическая энергия неудовлетворительного качества со значительными отклонениями напряжения от нормированных значений. Приведены существующие методы борьбы с низким качеством электроэнергии в сельской местности.*

**Ключевые слова:** нагрузка, падение напряжения, потребитель, неизолированный провод, трансформатор, коэффициент трансформации.

Мероприятия по улучшению качества электроэнергии в сельской местности и пригородах крупных городов нацелены на максимальное снижение перетоков реактивной мощности и поддержание отклонений напряжения в разрешенном интервале. Однако может существовать несколько решений о соответствующем распределении производства реактивной мощности, и обычно они принимаются в результате максимизации «объективной функции», как, например максимальное снижение активных потерь.

1) Распределение нагрузок по фазам.

Для сельских потребителей характерна однофазная нагрузка, поэтому одним из способов увеличения напряжения у потребителя может являться распределение нагрузок по фазам. Поскольку при перегрузке одной из фаз увеличивается ток, протекающий по нулевому проводу, что приводит к дополнительной потере напряжения. При этом две другие фазы могут быть недогружены. Кроме того, это наиболее дешевый способ улучшить качество напряжения на данный момент. Нагрузка имеет случайный характер, поэтому распределить её идеально не получится, таким образом, этот способ применяют только при сильной и систематической неравномерности нагрузок по фазам [1].

2) Замена неизолированного провода на провод марки СИП.

Также частично решить проблему низкого качества электроэнергии может замена неизолированного проводника на провод СИП, поскольку он имеет ряд преимуществ перед обычным неизолированным проводом таких как:

- меньшее индуктивное сопротивление за счет более близкого расположения фазных жил по сравнению с изолированным проводом;
- меньшее сопротивление в местах соединения токоведущих частей за счет использования специальных зажимов;
- практически исключено «воровство» электроэнергии.

Что, в свою очередь уменьшит падение напряжения на линии.

Однако, установка провода марки СИП повлечет за собой весомые денежные затраты: на демонтаж старого провода, монтаж как СИП так и арматуры предназначенной для этого, на покупку требуемого провода [2].

### 3) Повышение мощности питающего трансформатора.

Проблему низкого качества электроэнергии, а в частности отклонение уровня напряжения от допустимых значений можно решить путем установки более мощного трансформатора в питающей трансформаторной подстанции.

Поскольку более мощный трансформатор имеет обмотки из проводника большего сечения по сравнению с трансформатором меньшей мощности, то сопротивление этих обмоток соответственно будут меньше, что в свою очередь приведет к снижению потерь напряжения в них.

Но установка более мощного трансформатора приведет как к существенным капиталовложениям, так и к увеличению потерь энергии в самом трансформаторе, поскольку основным критерием выбора мощности трансформатора является суммарная мощность присоединенной к нему нагрузки, так как использование недогруженного трансформатора невыгодно из-за неоправданно больших потерь в стали трансформатора большей номинальной мощности. Кроме того, увеличением мощности трансформатора, как и простым регулированием напряжения на его выходе мы сможем увеличить напряжение только в начале линии, что ограничивает использование данного метода для удаленных потребителей [3].

### 4) Замена провода на провод с большим сечением.

Чтобы снизить потери напряжения можно уменьшить сопротивление проводника путем его замены на проводник с большим сечением.

Однако данный метод имеет ряд ограничений, и может применяться только в том случае если механическая прочность существующих опор позволяет выполнить подвеску провода большего сечения. Кроме этого, замена провода несет за собой существенные капитальные затраты покупку и монтаж провода.

### 5) Регулирование напряжения на трансформаторе

Для успешного регулирования напряжения с целью поддержания требуемых уровней напряжений на шинах потребителей и обеспечения экономичных режимов работы электрической сети необходимо изменять коэффициенты трансформации трансформаторов. Поэтому понижающие трансформаторы и автотрансформаторы изготавливаются с возможностью изменения коэффициента трансформации в пределах  $\pm 10 \dots 20$  %. Изменение коэффициента трансформации достигается изменением числа витков одной из обмоток трансформатора, снабженной, помимо основных, дополнительными регулировочными ответвлениями. При этом ответвления отпайки со знаком «+» позволяют увеличить число витков соответствующей обмотки, а со знаком «-» - уменьшить [4].

Данный способ эффективен при небольшой протяженности отходящих линий, в связи с тем, что изменение напряжения происходит у потребителей в начале и конце линии примерно на одну и ту же величину. В том случае если отходящая линия имеет значительную протяженность, то на ней будет возникать разность потенциалов, превышающая допустимое отклонение, в этом случае изменение коэффициента трансформации не позволит отрегулировать напряжение потребителей, так как за пределы допустимого отклонения неизбежно будут выходить потребители или в начале или в конце линии.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ГОСТ 24291-90. Электрическая часть электростанции и электрической сети. Термины и определения: [сайт]. – Москва, 1992. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-24291-90> (дата обращения 28.03.2022).
2. Электрические станции сети и системы: [сайт]. – URL: [https://studbooks.net/2368979/tehnika/elektricheskie\\_stantsii\\_seti\\_i\\_sistemy](https://studbooks.net/2368979/tehnika/elektricheskie_stantsii_seti_i_sistemy) (дата обращения 03.04.2022).
3. The essentials of electrical distribution systems every engineer should know: [сайт]. – URL: <https://electrical-engineering-portal.com/electrical-distribution-systems> (дата обращения 06.04.2022).
4. Ершов С.В., Пигалов М.С. Анализ средств и способов ограничения влияния провалов напряжения, Известия Тульского государственного университета. Технические науки, 2017.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕМПОРАЛЬНОЙ ЛОГИКИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Раисов Тимур Ринатович, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта»,  
e-mail: Timur.raisov98@mail.ru

Кузьмин Андрей Олегович, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта»,  
e-mail: kuz-andrey12@mail.ru

Научный руководитель - Воробьев Николай Павлович, д.т.н., профессор, e-mail: koly\_1949@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В работе рассматриваются недостатки существующих методик принятия решений по управлению рисками на производстве. Произведен анализ возможности использования специализированного пакета Fuzzy Logic Toolbox программной среды Matlab и среды Scilab (Fuzzy Toolbox 0.4.6) для принятия решений по управлению рисками на предприятиях электроэнергетики. Предлагается применение темпоральной логики для решения задачи управления рисками на основе среды Scilab 5.5.2.*

**Ключевые слова:** *риски, управление рисками, нечеткая логика, принятие решений, Matlab, Scilab.*

Работа предприятий электроэнергетической отрасли сопряжена с различного рода рисками, следствием которых может стать возникновение опасных техногенных ситуаций с дальнейшим нанесением ущерба, как самим организациям, так и здоровью персонала. Управление рисками в любой организации можно рассматривать как методы или действия, суть которых заключается в предсказании наступления рискованных событий и принятие мер по недопущению или уменьшению негативных последствий риска на деятельность организаций [1]. Любая организация должна иметь систему управления рисками, которая содержит множество организационных мер, позволяющих эффективно управлять рисками. В связи с этим актуальной становится задача управления рисками в электроэнергетики, что позволяет разрабатывать и реализовать управленческие решения, направленные на предупреждение возникновения риска, либо на снижение его негативных последствий. Существующие методики управления рисками на производстве имеют следующие недостатки [2]:

- оценка вероятности риска на производстве формируется в отдельных точках множества, что может быть некорректным во многих случаях.
- субъективность проводимой экспертом оценки вероятности риска.

Так как модель риска возникновения опасных ситуаций строится на базе информации, имеющей нечеткий характер, то перечисленные недостатки можно устранить с помощью специализированного программного обеспечения, использующего нечеткую логику. Решением подобных задач могут стать специализированные программные средства. Известны примеры применения пакета Fuzzy Logic Toolbox среды Matlab для оценки рисков информационной безопасности организаций [2].

Использование пакета Fuzzy Logic Toolbox среды Matlab проводится в 3 этапа. Первый этап заключается в фаззификации. При этом задаются необходимые функции принадлежности для используемых термов. На втором этапе формулируются нечеткие правила. Третий этап заключается в аккумуляровании заключения по всем задаваемым правилам с применением операции max-дизъюнкции. В итоге получают готовую оценку риска для дальнейшего принятия решений по управлению рисками.

Таким образом применение программной среды Matlab возможно для решения задач управления рисками на предприятиях электроэнергетики. Кроме того, данный метод позволяет устранить те недостатки, которыми обладают известные методы принятия решений по управлению рисками.

Недостаток применения программной среды Matlab при этом состоит в том, что эта среда платная и не всегда доступна для учебных заведений и для отдельных исследователей.

Более доступна программная среда Scilab, функционально не уступающая Matlab и свободно распространяемая [3]. В работе [3] приведена разработка системы оценки интегрального риска электроустановок зданий и сооружений в системе SCILAB. Приведены результаты экспертного обследования ОАО «Алтайский дом печати» в Scilab (Fuzzy Toolbox 0.4.6), выявлены рискообразующие факторы, отмечено хорошее совпадение результатов обследования в Matlab и в Scilab.

Аналогичное исследование произведено в упомянутой работе и по оценке опасных техногенных ситуаций применительно к ООО «Компания Чикен-Дак».

Однако при этом оценки техногенных рисков электроустановок произведены без учета темпоральных причинно-следственных связей между рискообразующими факторами.

Темпорально-нечеткий метод оценки техногенных рисков электроустановок дает более адекватный способ расчета рисков техногенных опасностей производственного объекта [1].

В работе [1] для учета темпоральных причинно-следственных связей между рискообразующими факторами предлагается использовать унарные темпоральные операции «всегда в прошлом», «когда-либо в прошлом» и бинарную нечеткую операцию «приоритетное И». При этом разработано программное обеспечение на языке программирования C#. Недостатками данного подхода является необходимость специального программного обеспечения и специалистов, умеющих с ним работать (так при моделировании риска безопасности организации в качестве правила вычисления нечёткой импликации применяется классическая нечёткая импликация Л. Заде).

Для устранения упомянутых недостатков целесообразно использование системы оценки интегрального риска электроустановок в системе SCILAB, дополненной унарными темпоральными операциями «всегда в прошлом», «когда-либо в прошлом» и бинарной нечеткой операцией «приоритетное И», что и является задачей исследования в дальнейшем.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Темпорально-нечеткий метод оценки техногенных рисков электроустановок / Л. Ю. Качесова // Вестник КрасГАУ - 2018. - № 5.
2. Глушенко С. А. Применение системы Matlab для оценки рисков информационной безопасности организации // Бизнес-информатика. 2013. №4 (26).
3. Воробьев Н.П. Методические указания к лабораторно-практическим занятиям по дисциплине «Современные методы технической диагностики и контроля параметров электрооборудования», часть 2, для магистрантов очной формы обучения по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника» профиля «Электротехнологии и электрооборудование в агропромышленном комплексе», для бакалавриата очной формы обучения по направлению «Электроэнергетика и электротехника», для бакалавриата заочной формы обучения по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника» профиля «Электроэнергетические системы и сети», и для бакалавриата очной формы обучения по направлению подготовки «Электроэнергетика и электротехника» профиля «Электрооборудование и

электрохозяйство предприятий, организаций и учреждений» / Н.П. Воробьев; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015. - 50 с.

## КОМПЕНСАЦИЯ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ УЧАСТКЕ ТЭЦ ОАО «КУЧУКСУЛЬФАТ»

Сулоев Александр Сергеевич, студент кафедры «Электрификация производства и быта»,  
e-mail:suloewaleksandr@yandex.ru

Научный руководитель – Мозоль Владимир Иванович, к.т.н., профессор,  
e-mail:epb\_401@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье был рассмотрен вопрос компенсации реактивной мощности на электрическом участке ТЭЦ ОАО «Кучуксульфат», показана методика расчета конденсаторных установок в секциях РУСН, где ранее отсутствовало оборудование для компенсации реактивной мощности, отмечена эффективность установленных устройств компенсации реактивной мощности для стабилизации уровня напряжения и повышения качества электрической энергии.*

**Ключевые слова:** реактивная мощность, компенсация, конденсаторная установка, коэффициент мощности, качество электрической энергии.

Одним из основных вопросов, решаемых как на стадии проектирования, так и на стадии эксплуатации систем промышленного электроснабжения, является вопрос о компенсации реактивной мощности, который определяет выбор источников компенсации, расчет и выбор их мощности, размещение данных источников в системе электроснабжения [1]. Рациональная компенсация реактивной мощности позволит снизить потери мощности из-за потоков реактивной мощности, увеличится качество потребляемой электрической энергии.

В реальных условиях электроснабжения звенья электропередачи и нагрузка потребителя всегда содержат наряду с активным сопротивлением составляющие индуктивного и емкостного сопротивлений [2]. Реактивная мощность потребляется элементом цепи, в котором ток отстает от приложенного напряжения, то есть такие элементы электрической цепи считаются потребителями реактивной мощности. Генератором реактивной мощности считают любой элемент цепи, в котором ток опережает приложенное напряжение.

На промышленном предприятии снижение потребляемой реактивной мощности может быть достигнуто различными путями, например, улучшением режима работы приемников электрической энергии, заменой малоагрессивных асинхронных двигателей двигателями меньшей мощности, применением синхронных двигателей вместо асинхронных в случае, когда это возможно по условиям технологического процесса [1]. Наиболее целесообразным мероприятием по снижению потребляемой реактивной мощности является использование устройств компенсации реактивной мощности УКРМ.

Конденсаторная установка – это электроустановка, состоящая из конденсаторов и относящегося к ней вспомогательного электрооборудования (регулятора реактивной мощности, контакторов, предохранителей) [3].

Электрический участок ТЭЦ является одним из структурных подразделений, входящих в состав цеха №5 ОАО «Кучуксульфат». Главной задачей подразделения является обеспечение надежной, безаварийной и экономичной работы электрооборудования на всех участках электростанции.

Состав потребителей реактивной мощности показывает, что основную часть реактивной мощности потребляют асинхронные двигатели – 40 % [2]. Количество электродвигателей, используемых на производстве – 1300 шт., суммарная мощность 79045 кВт, в том числе электродвигателей свыше 100 кВт (32 шт.) общей мощностью 6152 кВт, и 6 синхронных двигателей напряжением 6 кВ, суммарной мощностью 2100 кВт.

Значение требуемого коэффициента мощности  $\cos \varphi$  в энергосистеме ОАО «Кучук-сульфат» достигается за счет применения устройств централизованной компенсации – устройств компенсации реактивной мощности УКРМ, установленных на стороне 0,4 кВ в РУСН-0,4 кВ.

Конденсаторные установки (КУ) монтированы в напольных шкафах одностороннего обслуживания с одной дверью, расположенной с передней стороны, построены по модульному принципу. Подводящий кабель подводится как сверху шкафа в пределах секции, так и с кабельного подвала РУСН. На лицевой панели конденсаторной установки размещается контроллер, состоящий из регулятора реактивной мощности, ручки выключателя и амперметра [3]. Регулирование  $\cos \varphi$  происходит включением и отключением ступеней конденсаторов. Каждая ступень представляет собой три конденсатора в одном корпусе, соединенных по схеме «треугольник» и имеющих блок разрядных резисторов. Включение ступеней осуществляется контакторами. Контактры имеют вспомогательные контакты с более ранним замыканием на краткое время (2-3 мс) через резисторы, ограничивающие ток разряда конденсаторов.

В таблицу 1 сведены основные технические характеристики УКРМ, которые установлены в каждой секции РУСН-0,4 кВ и запитаны от соответствующих панелей: УКРМ-1 панель №9 РУСН-0,4 кВ секции I; ККУ-2 панель №25 РУСН-0,4 кВ секции II; УКРМ-4 панель №7 РУСН-0,4 кВ секции IV; УКРМ-5 панель №15 РУСН-0,4 кВ секции V [3].

Таблица 1 – Технические характеристики УКРМ и ККУ

№ п/п	Наименование параметра	Диспетчерское наименование			
		УКРМ-1	ККУ-2	УКРМ-4	УКРМ-5
1	Номинальное напряжение, кВ	0,4	0,38	0,4	0,4
2	Номинальная мощность, кВар	175	150	175	500
3	Номинальный ток, А	230	210	230	700
4	Количество ступеней, шт	7	1	5	10
5	Мощность ступени, кВар	25	150	150	50

Ввод в работу конденсаторных установок определяется работой в данный момент времени отдельных котлоагрегатов. Так УКРМ-1 необходимо включать при работе котлоагрегата №1.

В III и VI секциях РУСН-0,4 кВ отсутствует оборудование, обеспечивающее компенсацию реактивной мощности на стороне низкого напряжения. В рамках данной работы предлагается провести технико-экономическое обоснование установки УКРМ в названных секциях.

Для определения необходимых параметров компенсирующего оборудования определим суммарную активную мощность в каждой секции РУСН-0,4 кВ, требующей компенсации РМ. В секции III – дымосос 200 кВт, дутевой насос 160 кВт, две мельницы по 200 кВт, сборки КИПиА, освещение, оборудование сварочного поста, маломощные насосы, вентиляционные установки, дробилки – порядка 200 кВт суммарная активная мощность. В секции VI – дымосос 160 кВт, дутевой насос 55 кВт, две мельницы по 200 кВт, два циркуляционных насоса по 250 и 50 кВт, ЧП ПСУ, освещение бытовых помещений, АВР порядка 100 кВт. Имеем  $P_{III} = 960$  кВт,  $P_{IV} = 1020$  кВт.

Значение действующего коэффициента мощности в секциях, в которые необходима компенсация реактивной мощности, было определено с помощью фазоуказателя МЕГЕОН 40850, относящегося к категории портативных (компактных) приборов. Таким образом,  $\cos \varphi_{1(III)} = 0,88$ ,  $\cos \varphi_{1(VI)} = 0,86$ .

Расчет реактивной мощности необходимой для конденсаторной установки осуществляется в соответствии с методикой [4]. При выборе КУ её требуемая суммарная мощность определяется по формуле (1)

$$Q_c = P \cdot (tg\varphi_1 - tg\varphi_2), \quad (1)$$

где  $P$  – потребляемая активная мощность;

$(tg\varphi_1 - tg\varphi_2)$  – определяется исходя из значений  $cos\varphi_1$  [действующий коэффициент мощности до установки компенсирующих устройств] и  $cos\varphi_2$  [желаемый коэффициент мощности после установки компенсирующих устройств].

Формулу (1) можно представить в следующем виде:

$$Q_c = Pk, \quad (2)$$

где  $k$  – коэффициент принимаемый в соответствии со значениями коэффициентов мощности  $cos\varphi_1$  и  $cos\varphi_2$  [4].

По формуле (2) рассчитаем необходимую мощность конденсаторных установок, учитывая желаемый коэффициент мощности  $k$ :  $Q_{c(III)} = 960 \text{ кВт} \times 0,3 = 288 \text{ кВАр}$ ;  $Q_{c(VI)} = 1020 \text{ кВт} \times 0,25 = 255 \text{ кВАр}$ .

Для компенсации реактивной мощности были выбраны УКРМ производства ООО «Челябинский завод электрооборудования» [5]. Выбор данного оборудования осуществлен, исходя из надежности отечественного оборудования, оптимально подходящего по климатическому исполнению и техническим условиям.

Предлагается установить конденсаторные установки для III секции в панель №38, а для VI секции – в резервную панель №9. Номинальная мощность УКРМ 250 для секции III и 275 кВАр для секции VI с минимальной степенью регулирования 25,0 кВАр.

Установка УКРМ в секции РУСН-0,4 кВ, в которых отсутствовала компенсация реактивной мощности, позволит повысить качество электрической энергии за счет снижения теплоотдачи в кабелях и других распределительных устройствах, увеличить пропускную способность кабельных линий, проложенных по кабельным подвалам и эстакадам внутризданий. В целом, после установки компенсирующих устройств персоналом электрического участка была отмечена эффективность установленных УКРМ для стабилизации уровня напряжения и снижения потребления реактивной энергии.

Рациональное использование электроэнергии обеспечивается за счет ее распределения с минимальными потерями мощности, снизить которые возможно путем проведения мероприятий по ограничению перетока реактивной мощности по сетям. Использование устройств компенсации реактивной мощности по секциям на стороне низкого напряжения позволит обеспечить значения уровня напряжения, соответствующие нормам качества электрической энергии у внутрицеховых электропотребителей.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федоров А.А., Каменева В.В. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с., ил.
2. Мельников Н.А. Электрические системы и сети. учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е, стереотип. М., «Энергия», 1975. – 464 с. с ил.
3. Инструкция №41-Ц «По обслуживанию конденсаторных установок» ОАО «Кучук-сульфат».
4. Расчет реактивной мощности. Расчет компенсации реактивной мощности // [Производство КВАр Серпуховского конденсаторного завода]. URL: <http://kvar.su/raschet-reaktivnoimoshchnosti-ukm-rasche/> (дата обращения 19.03.2022).
5. КО 2013.03.01.102 РЭ ОАО «Челябинский завод электрооборудования»

## АНАЛИЗ РЫНКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Татур Игорь Эдуардович, студент кафедры «Электрификации производства и быта»,  
e-mail: igortacher17@mail.ru

Научный руководитель - Компанеев Борис Сергеевич, к.т.н., доцент, e-mail: kompbs@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В данной работе рассматривается процесс ценообразования на оптовом рынке электроэнергии, выделены функции системного оператора как управляющего процессами генерации, потребления и передачи электрической энергии в электрической сети. Проводится анализ колебания цен электроэнергии для оптовых покупателей в рамках двух рынков электроэнергии: рынок на сутки вперед и балансирующий рынок.*

***Ключевые слова:** рынок мощности, рынок электроэнергии, рынок на сутки вперед, балансирующий рынок, колебание цен электроэнергии.*

Оперативное управление режимами основано на минимизации затрат на отпуск электроэнергии, а также на мероприятиях, делающих невыгодными несанкционированные отклонения от плановых значений и стимулирующих выполнение команд системного оператора по стратегии энергопотребления.

В течение суток Системный оператор неоднократно формирует прогнозы спроса (расхода), обновляет, моделирует схему потребления с учетом изменившихся условий системы. На основании этой информации осуществляется внеконкурсный отбор ценовых предложений от поставщиков, что обеспечивает экономичную загрузку станции, необходимую надежность электроснабжения, формирует производственный резерв. Данные операции осуществляются на рынке электроэнергии и мощности.

### *Рынок мощности*

Мощность является специфическим товаром, покупка которого дает участнику оптового рынка право требовать от продавцов мощности поддержания генерирующего оборудования в состоянии готовности к выработке электроэнергии.

Рынок мощности способствует поддержанию генерации в состоянии готовности к работе, возмещает часть условно-постоянных затрат на эксплуатацию генерирующих объектов, а также практически исключает вероятность возникновения дефицита мощности в среднесрочной и долгосрочной перспективе, ориентирует собственников электростанций по организации поставок мощности.

Благодаря функционированию рыночных механизмов, учитывающих доходность вложенного капитала, повышается привлекательность инвестиций в строительство и эксплуатацию электростанций.

Основной задачей системного оператора на рынке мощности является обеспечение функционирования экономических механизмов, стимулирующих сохранение и развитие генерирующих мощностей:

- в требуемом объеме;
- с требуемыми технологическими параметрами;
- в требуемые сроки;
- с учетом прогноза развития сетевой инфраструктуры.

### *Рынки электроэнергии*

Ключевая задача АО «СО ЕЭС» в оптовых рынках электроэнергии - обеспечение соблюдения установленных параметров надежности функционирования ЕЭС России и качества электрической энергии - это осуществляется путем реализации ценовой политики таким образом, чтобы согласовывалась работа всех участников ЕЭС.

В рамках рынка на сутки вперед (РСВ): дифференциация рыночных цен в разрезе часов/суток/ периодов года дает участнику прямую экономическую заинтересованность в использовании всех имеющихся технических и технологических возможностей для установления стабильной программы потребления. На РСВ продаются (покупаются) избыточные

(недостающие) объемы планового почасового производства/потребления электроэнергии по отношению к регулируемым договорным объемам.

Точное прогнозирование состояния энергосистемы, объемов потребления, число пиков и спадов нагрузки достаточно сложный и трудоемкий процесс. Из-за того, что предсказывать ситуацию на ОРЭМ достаточно сложно, вероятность ошибки может достигать 15-20% [1]. При управлении режимами энергосистемы необходимо скомпенсировать эти отклонения. В случае, если отклонения фактического потребления на БР отличается от планового по вине участника рынка он «штрафуется» или наоборот «вознаграждается» в случае выполнения обязательств перед Системным оператором. В рамках балансирующего рынка (БР) участники рынка заинтересованы в точном выполнении графика, установленного АО «СО ЕЭС». В случае отклонения от этого плана для участника энергосистемы электроэнергия будет поставляться по менее выгодной цене, чем в случае, когда план будет выполняться. А также сами поставщики заинтересованы в соблюдении требований АО «СО ЕЭС» - так как поддержание необходимого графика нагрузки оплачивается по лучшей цене в данный час.

Основные функции системного оператора:

- Обеспечение функционирования системы расчета выбора состава включаемых объектов электроэнергетики на предстоящую неделю.
- Создание актуализированной расчетной модели коммерческого оператора для проведения конкурентного отбора на рынке «на сутки вперед».
- Обеспечение функционирования балансирующего рынка - расчет и составление графиков генерации в фактическом управлении ЕЭС в режиме реального времени. На рисунке 1 показана динамика изменения индикатора балансирующего рынка (ИБР) [1].

▲ ОЭС Сибири

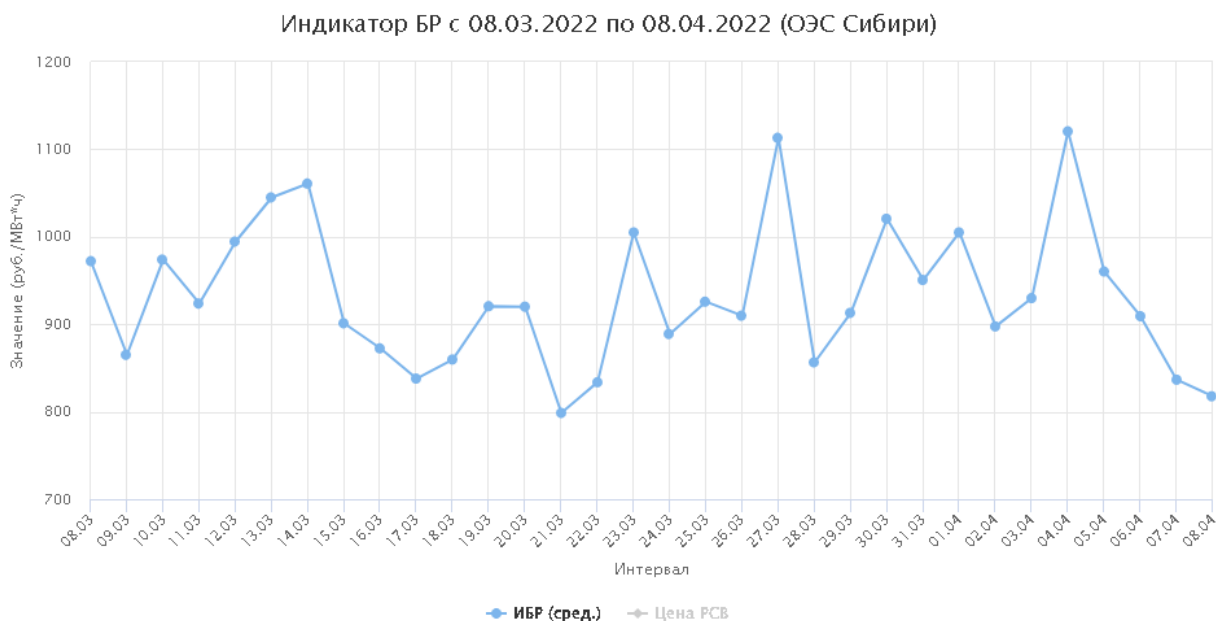


Рисунок 1 - Ценовой показатель ИБР ОЭС Сибири

Данная кривая Индикатора балансирующего рынка показывает как в течение месяца колеблется цена эл. энергии за МВт\*ч .

Мы наблюдаем многократные неравномерные скачки цены в течение заданного интервала (месяца), с шагом в 1 сутки. Максимальное изменение цены составляет  $1120,5 - 798,5 = 322$  руб/ МВт\*ч. Минимальное изменение цены составляет  $909,7 - 909,2 = 0,5$  руб/ МВт\*ч. Наибольшая цена наблюдалась 27.03 и 04.04 и равнялась соответственно 1113,1 и 1120,5 руб/ МВт\*ч. Среднее значение цены за сутки составляет 817,7 руб./ МВт\*ч

На рисунке 2 показана динамика изменения рынка на сутки вперед [2].

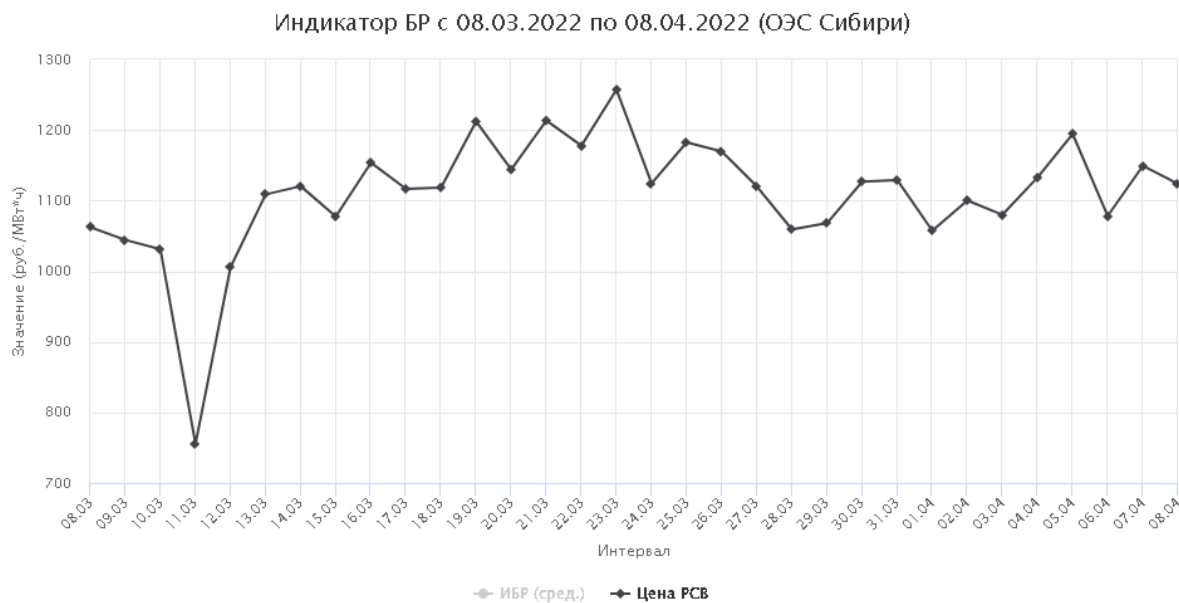


Рисунок 2 – Ценовой показатель РСВ ОЭС Сибири

Данная кривая «Рынка на сутки вперед» показывает как в течение месяца колеблется цена эл.энергии за МВт\*ч. Мы наблюдаем многократные неравномерные скачки цены в течение заданного интервала (месяца), с шагом в 1 сутки. Максимальное изменение цены составляет  $1257,2 - 755,3 = 501,9$  руб/ МВт\*ч. Минимальное изменение цены составляет  $1120,4 - 1118,4 = 2$  руб/ МВт\*ч. Наибольшая цена наблюдалась 23.03 и равнялась соответственно 1257,2 руб/ МВт\*ч. Среднее значение цены за сутки составляет 1123,6 руб./ МВт\*ч.

Существенное колебание цен на рынках электрической энергии дает возможность генерирующим компаниям и потребителям электрической энергии оптимизировать собственные решения для увеличения доходности и снижения затрат при условиях правильных действий.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прогнозирование рыночной конъюнктуры на оптовом рынке электроэнергии[Электронный ресурс] <http://www.fa.ru> (дата обращения 10.04.22)
2. СО ЕЭС Оптовый рынок электроэнергии и мощности[Электронный ресурс] <https://br.so-ups.ru/BR/IndicatorBR> (дата обращения 10.04.22)

#### ОЦЕНКА СТРУКТУРЫ РАБОТЫ ПРИ ЧИСЛЕННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Титова Татьяна Анатольевна, магистрант кафедры «Электрификация производства и быта»,  
e-mail:tanya.tu1234@gmail.com

Научный руководитель - Нефедов Сергей Федорович, к.т.н., доцент, e-mail:nfdv@inbox.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрены проблемы моделирования потерь электроэнергии в сетях электроснабжения для уже существующей методики их расчёта, представленной Минэнерго, а также авторской методики, которая будет включать в себя ряд дополнительных факторов. Сказано о подходах для автоматизированных расчётов с помощью специального программного обеспечения, о достоинствах и недостатках его применения в сравнении с универсальными инструментами, такими как Excel.*



*Ключевые слова:* потери электроэнергии, тарифообразование, численное моделирование, методика, программный комплекс.

Человечество фундаментально зависит от энергии. Текущая новостная повестка наглядно показывает насколько незначительными могут быть причины, вызывающие колебания цен на энергоносители в целом и на электроэнергию в частности. Эти причины могут быть и экономическими, и даже социальными. Стабильность в сфере электроэнергетики – залог успешного функционирования всех институтов и слоёв общества, сферы услуг и промышленных предприятий. Однако вопросы обеспечения качества электроснабжения находятся под сильным давлением со стороны тарифообразования и распределения не только технической, но и финансовой нагрузки.

Промышленные предприятия неизбежно страдают под бременем экономической амортизации от бытовых потребителей и их семейных бюджетов. В этой связи точность расчёта прогнозируемых потерь в различных элементах инфраструктуры электроснабжения трудно переоценить. Ведь чем точнее прогноз, тем адекватнее тариф, качество которого позволяет обеспечить потребителя относительно дешёвой электроэнергией. Потери на доставку составляют значительную часть выработки энергии со стороны электростанций.

В рамках нашей работы мы планируем построить программную модель, которая будет производить оценку потерь электроэнергии на основании методики, рекомендованной Минэнерго и её модернизированной версией, учитывающей дополнительные факторы. По итогам численного моделирования планируется проведение оценки эффективности, как самой методики, так и влияния ряда факторов на улучшение прогнозируемых показателей потерь.

На сегодняшний день под нашу задачу подготовлен программный комплекс, который будет выполнять расчёт для различных элементов инфраструктуры сети, таких как трансформаторы, воздушные и кабельные линии и т.п. вдоль выбранного сегмента сети вплоть до потребителей. Похожие с точки зрения интерфейса и математического функционала программные продукты уже существуют, но все их объединяет закрытость модели: трудности с получением доступа к самим программам, трудности с введением экспериментальных методик, а также трудности учёта дополнительных факторов при моделировании. С научной точки зрения это неприемлемо, вот почему работа над такой автоматизированной системой необходима.

При этом следует отметить, что качественно исполненный проект требует разделения и независимой проверки математической и программной составляющих.

В этой связи для тестирования программы первичная модель [1] исполняется в электронном табличном калькуляторе Excel. Данный тип программного обеспечения отличается универсальностью, что является и его основным достоинством, и основным недостатком. Сложность исполнения, громоздкость, невозможность удобной работы с большими массивами справочных данных накладывают на такое решение ограничения.

При моделировании в Excel мы исходили из необходимости проверки именно математической части нашего проекта. Поэтому для решения данной задачи были взяты исходные данные небольшого объекта сети электроснабжения. Рассматривалась линия 6 кВ, соединяющая две подстанции, территориально расположенные в границах Бийских МЭС.

После получения данных по математической модели и перед сравнением результатов расчёта с нашей системой, необходимо детально разобрать структуру программного обеспечения, его логику и паттерны. Имеются ввиду и подходы, лежащие в основе электроэнергетического представления [2], и те, на которые опирается программная архитектура работы с данными, их расчёт и визуализация.

По итогам проведённой работы можно будет строить модели в теле программы и осуществлять выводы, опираясь на документацию.

Говоря о результатах и выводах, нужно отметить, что построение математической модели уже выявило возможности для улучшения существующей методики расчёта потерь

электроэнергии. В рамках запланированных работ мы согласуем корректность расчёта с помощью Excel. Проверки позволят внести необходимые корректировки и исправить неточности. К текущему моменту собран программный комплекс – виртуальная лаборатория, предназначенная для численных экспериментов в сетях электроснабжения.

Отдельно следует отметить, что грамотное проектирование такого программного комплекса позволяет выполнять расчёт для различных классов напряжений сети электроснабжения, учитывая при необходимости продольные и поперечные распределённые активные и реактивные эффекты в линиях, и любые другие опциональные зависимости. Для этой цели математика и навигация по инфраструктуре сети внутри нашего программного комплекса разделены, что было бы крайне сложно исполнить в Excel.

Помимо этого, строгая типизация элементной базы: различных типов воздушных и кабельных линий, трансформаторов, разъединителей и т.д. позволяет при необходимости тонко настраивать численную модель.

Основной упор в научном исследовании делается на проверку влияния составляющих модель физических факторов на уточнение методики расчёта. При этом осуществляется раздельный независимый расчёт по фазам линии электроснабжения.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Расчет, анализ и нормирование потерь электроэнергии в электрических сетях [Текст]: Академическая и специальная литература. / Ю.С. Железко. – М.: НУ ЭНАС, 2002. – 280 с.
2. Основы теории цепей [Текст]: Учебник для вузов. / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. – М.: «Энергия», 1975. – 752 с.: ил.

#### ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КОНТАКТНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Шикова Юлия Сергеевна, студент группы Э-82, e-mail:yulya.yulia.shikova@mail.ru  
Научный руководитель - Мозоль Владимир Иванович, к.т.н., доцент, e-mail:epb\_401@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены факторы, влияющие на увеличение потерь в контактных соединениях электрических сетей, способы и методы их уменьшения. Приведены математические расчеты экономического эффекта в случае устранения неисправностей. Выявлен вклад группы энергетического обследования.*

**Ключевые слова:** *потери, качество, контактное соединение, электрические сети, экономическая эффективность.*

Контактное соединение - это конструктивное устройство, в котором осуществляется электрическое и механическое соединения двух или нескольких отдельных проводников, которые входят в электрическую цепь. Плохой контакт - аварийный пожароопасный режим, возникающий при переходе электрического тока с одного проводника на другой [1]. Выделение тепла в контактных переходах электрических цепей является одной из причин возникновения аварийных режимов в электрооборудовании и технологических установках. Переходное сопротивление определяет нагрев в соединении проводников: чем меньше переходное сопротивление контакта, тем меньше тепла выделяется на нем при прохождении тока и тем больший ток можно пустить через него при заданной предельной температуре нагрева контактного соединения. Излом провода при сохранении контакта жила-жила, дефекты токопроводящих шин, жил проводов и кабелей, старение электрических контактных соединений, некачественная сборка контактных узлов способствуют возникновению длительных устойчивых тепловых режимов, приводящих к разрушению изоляции и защитных оболочек, загораниям и другим отрицательным последствиям.

Силовые контактные соединения представляют не только высокую пожарную опасность, но и создают различного рода потери электроэнергии, такие как технические и коммерческие. Существуют различные способы соединения проводов и кабелей: скруткой, пайкой, болтовое, с использованием наконечников, соединителями.

При эксплуатации электроустановок происходит частичный отказ контактных соединений по причине увеличения переходного сопротивления и увеличения в связи с этим рассеиваемой электрической мощности в переходных местах и увеличением потерь электрической энергии.

Электроснабжающие организации в процессе обслуживания электрических сетей, распределительных устройств и подстанций постоянно сталкиваются с режимами перегрузки сетей, явлениями коротких замыканий, плохими контактами, недобросовестной работой обслуживающего персонала. Всё это влечет за собой опасные последствия для контактных соединений. Отсюда и следует вывод, что состоянию контактных соединений при эксплуатации электрооборудования надо уделять пристальное внимание.

Среди электроснабжающих организаций края на должном уровне эта работа проводится в акционерном обществе «Алтайкрайэнерго». В данной организации имеется отдел энергетического обследования, который осуществляет контроль за состоянием контактных соединений в системе, насчитывающей более восьми тысяч километров ЛЭП 0,4-6-10 кВ, сотни трансформаторных подстанций и распределительных устройств. А это огромное количество контактов.

Аварийное состояние контактного соединения может наступить вследствие одного или нескольких дефектов при производстве электромонтажных работ по причине воздействий температуры, влаги, вибраций, ударов, процессов износа и старения.

Выявление таких состояний контактов отдел энергетического обследования проводит с помощью тепловизоров. Указанный отдел в этом вопросе тесно взаимодействует с планово-экономическим отделом, так как ставится задача не только определять плохие контакты и приводить их в порядок, но и определять, какой от этого будет экономический эффект. Для этого отделу, а также филиалам акционерного общества и сетевым участкам доводятся ежеквартальные планы по сокращению потерь электроэнергии из-за своевременного выявления дефектных контактов и их оперативного устранения.

Существуют процессы, происходящие при плохом контакте. Ниже будет рассмотрен расчёт мощности, выделяющейся на неисправном контактном соединении.

1. При теплопередаче количество передаваемой тепловой мощности определяется по следующей формуле:

$$P = k \cdot \Delta t \cdot F,$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи;

$\Delta t$  -разность температур ;

$F$  -площадь теплоотдающей поверхности.

2. Из п. 1.3.22 и табл 1.3.31 ПУЭ [2] следует:

При протекании по алюминиевой шине 40\*5 длительно-допустимого тока 545 А, и при температуре воздуха 25°C, температура нагрева шины достигает 70°C. При этом разность температуры шины и температуры воздуха 45°C.

3. Рассматриваем участок алюминиевой шины 40\*5 (площадь сечения  $S = 200 \text{ мм}^2$ ) длиной  $L = 0,04 \text{ м}$

Удельное электрическое сопротивление  $\rho = 0,029 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$ .

Электрическое сопротивление участка шины:

$$R = \rho * L/S = 0,029 * \frac{0,04}{200} = 5,8 * 10^{-6} \text{ Ом}.$$

Мощность, выделяемая на данном участке (при токе  $I=545 \text{ А}$ ):

$$P_2 = I^2 * R = 545^2 * 5,8 * 10^{-6} = 1,72 \text{ Вт}$$

Площадь теплоотдающей поверхности:

$$F_2 = 2 * (40 \text{ мм} * 40 \text{ мм}) + 4 * (5 \text{ мм} * 40 \text{ мм}) = 4000 \text{ мм}^2 = 0,004 \text{ м}^2$$

Из формулы (1) определяем коэффициент теплопередачи:

$$K_2 = \frac{P}{\Delta t * F} = \frac{1,72}{45 * 0,004} = 9,5 \text{ Вт} * (\text{м}^2 * \text{°С}).$$

4. Рассматриваем неисправное контактное соединение. Из приложения 3, табл. ПЗ.1, РД 34.45-51.300-97 максимальная температура болтового контактного соединения (при нормальных условиях) составляет 90°C, при этом разность температур равна 65°C.

Мощность, выделяемая на контактном соединении:

$$P_1 = 9,5 * 65 * 0,004 = 2,47 \text{ Вт}$$

Увеличение мощности в %:

$$P = 100 - \frac{P_2}{P_1} * 100 = 30,4 \%$$

Вывод: потери мощности при неисправном контактном соединении возрастают более чем на 30%.

Потери электрической энергии подразделяются на постоянные потери, независящие от нагрузки, и переменные потери, которые происходят от протекающего тока. Касательно контактных соединений потери относятся к переменным и зависят от нагрузки.

Потери электроэнергии, зависящие от нагрузки, для проводников линий электропередач определяются по формуле:

$$\Delta W_{\text{лэп}} = \frac{n |S_{\text{лэп}}|}{U_{\text{ном}}} \cdot R_{\text{лэп}} \cdot \tau,$$

где  $n$  – количество цепей ВЛ;

$S_{\text{лэп}} = S_p$  - расчетная нагрузка;

$U_{\text{ном}}$  - номинальное напряжение;

$\tau$  - число часов максимальных потерь;

$R_{\text{лэп}}$  - сопротивление ВЛ.

Потери электроэнергии, возникающие на активном сопротивлении можно определить по закону Джоуля-Ленца:

$$\Delta W = I^2 \cdot R \cdot t,$$

где – величина протекающего тока;

- активное сопротивление элемента;

- время, в течение которого протекает ток;

Другой подход к определению величины электрической энергии:

$$\Delta W = m \cdot I_{\phi}^2 \cdot R \cdot \tau,$$

где  $m$  – число фаз.

Экономия в денежном выражении:

$$\Delta \text{Э}_э = \Delta W \cdot \text{Ц}_{ээ}$$

где  $\text{Ц}_{ээ}$  – цена электроэнергии.

За 2020 год отделом энергетического обследования было выявлено по системе, и силами электросетевых участков устранено 1150 плохих контактов, что дало возможность сократить потери электрической энергии и повысить надежность электроснабжения. А поскольку одной из причин электротехнического характера является большое переходное сопротивление в плохих контактах, то можно предположить, что предотвращено многое количество пожаров в электроустановках с определенным ущербом.

Ставится задача расширения функций отдела, его материально-технического обеспечения для дальнейшей эффективной работы.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мыльников М.Т. Общая электротехника и пожарная профилактика в электроустановках: Учебник для пожарнотехнических училищ. - М.:Стройиздат,1985. - 311 с.
2. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). – 7-е изд. – М.: Госэнергонадзор, 2003. – 692 с.

## ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ТЕХНОГЕННЫХ РИСКОВ ОПАСНОСТИ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК ИНФРАСТРУКТУРЫ АПК

Шлионская Юлия Давидовна, соискатель, e-mail: jlash1996@gmail.com  
Научный руководитель - Никольский Олег Константинович, д.т.н., профессор, главный научный сотрудник научного управления, e-mail: Nik37Oleg@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В данной статье рассмотрены особенности, присущие электроустановкам, функционирующим в агропромышленном комплексе, как сложным объектам. Обозначены основные недостатки используемых в настоящее время методов, в которых применяются средства вычислительной техники и информационные технологии. Предложен способ оценки их состояния и прогнозирования его изменения с помощью методов интеллектуального анализа данных и лингвистического прогнозирования.*

**Ключевые слова:** техногенный риск, электроустановки инфраструктуры АПК, динамические системы, системы автоматизированного проектирования, оценка состояния электроустановок.

Агропромышленный комплекс помимо того, что является важнейшей отраслью экономики, которая играет важную роль в обеспечении необходимых и комфортных условий жизнедеятельности человека, ещё и один из наиболее крупных потребителей энергетических и материальных ресурсов. Требуется значительные финансовые средства, чтобы обеспечить его нормальное функционирование. На сегодняшний день электроустановки и электропроводка аграрного сектора сильно изношены [1]. С течением времени они стремительно выходят из строя. Цели по обеспечению эксплуатационной надежности их функционирования и предупреждению возможных аварийных ситуаций требуют оценки состояния электроустановок, проведения планово-предупредительных ремонтных работ, и, при необходимости, вывода ЭУ из эксплуатации. Снижение затрат на содержание энергетического комплекса агропромышленного сектора формируется по большей мере при проектировании планово-предупредительных и аварийно-восстановительных работ и при разработке проектов реконструкции энергетических объектов. При таких обстоятельствах значительно повышается роль оценки текущего состояния электроустановок промышленных и бытовых зданий и сооружений как сложных систем, а также прогнозирования изменения их состояния во времени [2].

При разработке проектов энергетических объектов в настоящее время широко используются средства вычислительной техники и информационные технологии. В частности, широко применяются системы автоматизированного проектирования (САПР).

Проведенный анализ применяющихся в энергетике САПР выявил, что когда разрабатываются проекты проведения планово-предупредительных ремонтов и аварийно-восстановительных работ и реконструкций объектов энергетической отрасли системы автоматизированного проектирования служат для решения отдельных задач с использованием заданных проектировщиком исходных данных. В существующих на сегодняшний день энергетических САПР отсутствует блок анализа и оценки текущего состояния рассматриваемого объекта, а также прогнозирования изменения этого состояния в зависимости от динамики различных факторов, воздействующих на этот объект. В частности, факторов окружающей среды. В связи с этим, невозможность идентифицировать текущее состояние объекта, над которым ведется работа, приводит к тому, что в ходе разработки проектных решений для данного объекта используют детерминистические математические модели «прямого счета», определяющие проектные решения по объекту однозначно и достаточно примитивно в том случае, если у него в процессе обследования были выявлены определенные внешние параметры.

Обстоятельство, описанное выше – это следствие трактовки значений параметров как состояния исследуемого объекта, а также того, что не устанавливается связь между наблюдаемыми параметрами объекта и его текущим и прогнозируемым состоянием. Все же не требу-

ет доказательства тот факт, что при любых обстоятельствах прослеживается связь между наблюдаемыми параметрами объекта, параметрами окружающей среды и состоянием данного объекта. Кроме того, эти связи носят динамический и вероятностный характер. Динамический и вероятностный характер изменения нагрузок в электросети, воздействие на электропроводку и электроустановки неблагоприятных факторов окружающей среды и условия их эксплуатации приводят к тому, что модели, которыми пользуются при принятии проектных решений, часто в ходе самого процесса проектирования либо с течением времени становятся неадекватными вследствие того, что претерпевают изменения не только отношения, существующие между отдельными параметрами, но и переопределяется множество решающих факторов, которые воздействуют на объект.

Помимо этого, стоит учитывать, что электроустановки являются сложными, много связными, динамическими системами [3]. А значение параметров, которыми они характеризуются, в данный момент времени зависит как от текущих, так и от более ранних внешних воздействий. Кроме того, невозможно заранее установить глубину ретроспекции. Намерение учесть перечисленные особенности ЭУ значительно затрудняют построение математических моделей, которые бы адекватно описывали функционирование электроустановок на протяжении всего жизненного цикла. Следовательно, чтобы обеспечить корректное применение инструментов по автоматизации процессов разработки проектов проведения планово-предупредительных и капитальных ремонтов, а так же реконструкции и аварийно-восстановительных работ, в структуре энергетической САПР должна содержаться подсистема идентификации и прогнозирования изменения состояния объекта, над которым ведется работа.

Однако, существуют информационные технологии, которые способны учитывать перечисленные особенности электроустановок при оценке их состояния и прогнозировании поведения данных сложных объектов. Эти технологии основываются на эмпирических моделях, которые часто являются сильно упрощенными, а для их построения необходим глубокий анализ данных, применение методов и средств искусственного интеллекта, методов лингвистического прогнозирования [4].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Никольский О.К. Алгоритм управления рисками сельских электрических сетей [Текст] / О.К. Никольский, Н.И. Черкасова // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – Барнаул, 2013. – № 7 (105). – С. 86-90.
2. Теория и практика управления техногенными рисками: учеб. пособие / О.К. Никольский [и др.], под общ. ред. Заслуженного деятеля науки и техники России, докт. техн. наук О.К. Никольского. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015. – С. 203.
3. Никольский О.К., Шлионская Ю.Д. Нечетко-темпоральная модель динамической человеко-машинной системы для анализа техногенных рисков // Энерго- и ресурсосбережение - XXI век: итоги XVII Международной научно-практической конференции. Орёл, 2019. – [http://oreluniver.ru/public/file/science/confs/2019/ee/publ/%D1%81\\_7\\_Nikolsky\\_O\\_K.docx](http://oreluniver.ru/public/file/science/confs/2019/ee/publ/%D1%81_7_Nikolsky_O_K.docx)
4. Никольский О.К., Шлионская Ю.Д., Габова М.А. Основные направления совершенствования системы обеспечения техногенной безопасности электроустановок // Энерго- и ресурсосбережение - XXI век: итоги XVII Международной научно-практической конференции. Орёл, 2019. – [http://oreluniver.ru/public/file/science/confs/2020/ee/publ/%D1%81\\_1\\_Nikolskiy\\_O\\_K.,%202.doc](http://oreluniver.ru/public/file/science/confs/2020/ee/publ/%D1%81_1_Nikolskiy_O_K.,%202.doc)

## ПОДСЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОТЕХНИКА И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД»

### СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ШАГОВЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ДРАЙВЕРОВ ШАГОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Аргунов Вячеслав Игоревич, студент кафедры ЭиАЭП, e-mail: argunov200045678@mail.ru

Научный руководитель - Дорожкин Максим Владимирович, старший преподаватель,  
e-mail: maxmusicd@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассматривается способ программно-аппаратного управления шаговым режимом работы драйверов шаговых двигателей. Рассмотрены возможности кратковременного увеличения скорости перемещения рабочего органа без изменения параметров координат станка. Представлена блок-схема устройства, реализующего способ управления режимами работы драйверов. Приведена блок-схема аппаратной части, отвечающей за перестройку параметров драйверов шаговых двигателей. Описан алгоритм работы системы.*

**Ключевые слова:** драйвер шагового двигателя, полношаговый режим, микрошаг, ЧПУ, интерфейсная плата.

Станки с числовым программным управлением (ЧПУ) в настоящее время являются неотъемлемой частью любого автоматизированного производства. В большинстве случаев повышение точности позиционирования рабочего инструмента относительно заготовки в процессе выполнения управляющей программы негативно влияет на скорость его перемещения. Известно, что для обработки разных материалов (дерево, металл, пластик и др.) разными инструментами (фреза, сверло, лазер и т.д.) требуются определенные скорости подачи рабочего инструмента. Попытка увеличения расчетной для конкретного инструмента скорости перемещения относительно заготовки в процессе выполнения операции, может повлечь за собой как выход из строя инструмента, так и порчу самой заготовки [1, 2].

Для обеспечения требуемого режима обработки деталей при наладке ЧПУ станка производится подбор необходимых коэффициентов перемещения по всем координатным осям и их запись в управляющую программу [2]. В дальнейшем в процессе работы управляющая программа будет обращаться к этим коэффициентам, чтобы в процессе передачи управляющих сигналов на исполнительные блоки, рабочий инструмента переместился в нужную точку пространства, при этом программа выделяет два варианта перемещения: на рабочей скорости и ускоренная подача (холостой ход) [1, 2]. Если рабочую скорость по технологическим критериям изменять нежелательно, то увеличение скорости перемещения на холостом ходу может заметно сократить время на полную обработку детали.

Как правило, драйвера шаговых двигателей ШД в процессе наладки и калибровки станка настраиваются на режим работы драйвера с определенным шагом [4]. Это может быть, как полношаговый режим работы, так и режим микрошага с различным коэффициентом дробления основного шага. Кроме того, каждый выбранный режим шага требует дополнительной настройки тока ограничения. Параметры настроенных однажды, таким образом, драйверов ШД в дальнейшей работе станка не изменяются [1, 4]. Однако если при переходе от одного режима перемещения к другому, например, с линейного перемещения рабочей подачи на ускоренное, изменять настройки шага самих драйверов, то можно помимо увеличения скорости на холостом ходу получить и увеличение точности обработки за счет большей разрешающей способности режимов дробления шага [4].

Максимальная скорость перемещения инструмента при одном и том же типе передач, достигается при полношаговом режиме работы драйвера ШД. При этом точность позиционирования инструмента для системы драйвер – двигатель – передача в этом случае оказывается наименьшей. При микрошаговом режиме наблюдается обратная ситуация - увеличение точности и уменьшение скорости перемещения, за счет уменьшения скорости вращения вследствие большего числа положений ротора шагового двигателя ШД.

Предлагаемый способ управления режимами работы ШД заключается в автоматическом (программном) переключении режимов шага и ограничения тока в процессе выполнения управляющей программы. В трех координатном станке портального типа для управления драйверами и переключения шаговых и токовых режимов можно использовать порты не задействованной поворотной оси А или В [5].

Блок схема реализующая предлагаемый способ управления шаговыми двигателями представлена на рисунке 1.

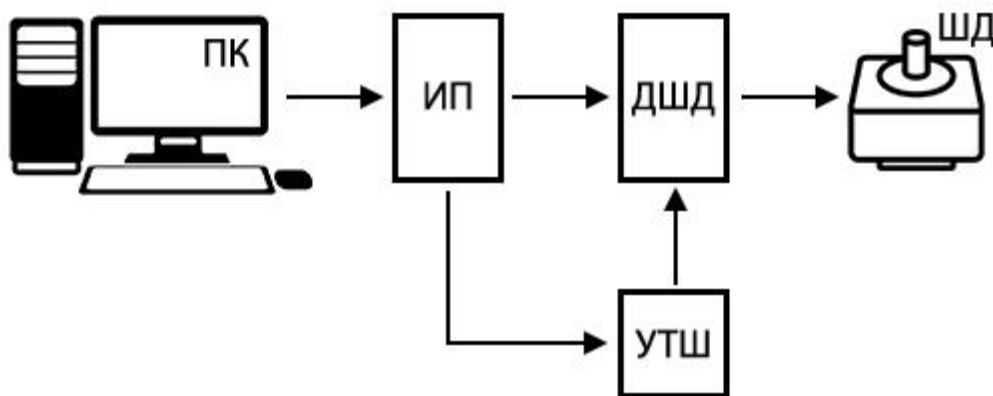


Рисунок 1 - Блок схема управления шаговым двигателем: ПК – пользовательский компьютер, ИП – интерфейсная плата (плата расширения), ДШД – драйвер шагового двигателя, УТШ – модуль управлением током и режимом шага, ШД – шаговый двигатель.

В процессе выполнения управляющей программы, в момент, когда инструмент свободно перемещается над заготовкой, с целью выхода на нужную координату, требуется повышенная скорость перемещения, которая может быть обеспечена перенастройкой шагового режима драйверов на полный шаг. В управляющей программе за счет G и M кодовых слов формируется нужное количество импульсов, соответствующее требуемому режиму шага, этот пакет импульсов передается по последовательному интерфейсу с ПК на вход ИП. Пакет импульсов через порты А или В интерфейсной платы подается на вход модуля УШТ, который в свою очередь изменяет настройки ДШД.

Блок схема модуля УШТ представлена на рисунке 2 и состоит из четырех разрядного счетчика импульсов, дешифратора с делителем напряжения.

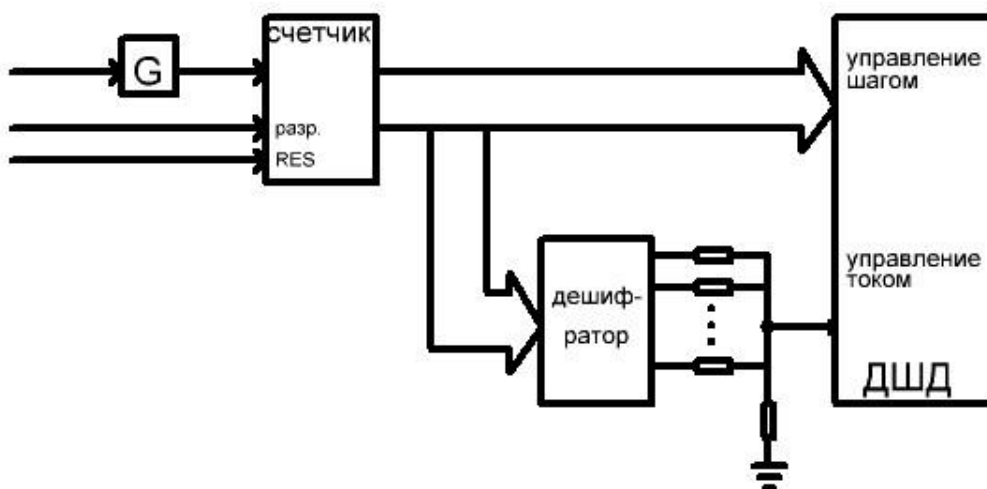


Рисунок 2 – Блок схема модуля управления током и шагом



Перед переключением шага (полный шаг) происходит сброс счетчиков путем подачи на вход RESET высокого логического уровня. После сброса и обнуления счетчика на его счетный вход подается пакет импульсов с одного из портов ИП. На выходе счетчика устанавливается двоичный код по 4 разрядам, этот код подается на вход портов управления шагового режима ДШД, где значения высоких и низких уровней выставляют требуемый режим шага. Одновременно с этим двоичный код с выхода счетчика подается на вход дешифратора, который в зависимости от кода активирует нужный делитель напряжения на порте управления током драйвера, позволяя тем самым выставить ограничения уровня тока, согласно выбранному шаговому режиму драйвера. После настройки требуемого шагового режима на управляющий вход счетчика с порта А или В подается сигнал запрещающий дальнейший счет. При необходимости переключения в другой шаговый режим переключение происходит по тому же алгоритму, только за счет другого числа импульсов на выходе счетчика формируется другое новое слово, а дешифратор коммутирует в цепи порта тока другой делитель напряжения.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Должиков В.П. Основы программирования и наладки станков с ЧПУ, учебное пособие / В.П. Должиков; Томский политехнический университет. – 2-е изд., перераб. И доп. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 143 с.
2. Мычко В.С. Программирование технологических процессов на станках с программным управлением: учебное пособие / В. С. Мычко. - Минск: Вышэйшая школа, 2010. - 287 с.
3. Шогенов А. Х. Аналоговая, цифровая и силовая электроника: учебник / А.Х. Шогенов, Д.С. Стребков, Ю.Х. Шогенов; под редакцией Д.С. Стребкова. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2017.- 416 с.
4. Инструкция к драйверу шагового двигателя BL-TB6560-V2.0. [Электронный ресурс]. URL: [https://voltiq.ru/arduino-libraries/TB6560DRV2\\_ru.pdf](https://voltiq.ru/arduino-libraries/TB6560DRV2_ru.pdf)
5. Инструкция по эксплуатации интерфейсной платы BL-MACH-V1.1 [Электронный ресурс] / ООО Рефит, 2013. – 11 с. URL: <https://docplayer.com/27498232-Instrukciya-po-ekspluatácii.html>.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИСТЕМЫ ОБОГРЕВА СЧЕТЧИКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Асташин Дмитрий Игоревич, бакалавр кафедры ЭиАЭП, e-mail:ast-2001@mail.ru  
Научный руководитель - Ведманкин Александр Васильевич, старший преподаватель,  
e-mail:temf@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассматривается вопрос практического применения многоэлектродного композиционного электрообогревателя (МКЭ) для обогрева щита учета электроэнергии. Производится анализ данных, полученных в результате испытания электрообогревателя МКЭ и карбонового провода 12к. Приведены графики зависимости температур от времени и фотографии тепловизионных исследований.*

**Ключевые слова:** многоэлектродный композиционный электрообогреватель, обогрев, щит учета электроэнергии, карбоновый провод 12к, графики зависимости температур от времени.

При работе счетчик электроэнергии должен иметь оптимальную температуру эксплуатации, которую определяет его климатическое исполнение. Если температура опускается ниже значений выбранных для оптимальной работы счетчика электроэнергии, то возникает погрешность при учете электроэнергии, или выход его из строя. Для решения данных проблем необходимо использовать обогрев оборудования внутри шкафа учета электроэнергии [1].

В связи этим была разработана программа испытаний электрообогревателей МКЭ и карбонового провода 12к с использованием термобарокамеры ТВВ - 2000 ПКА согласно ГОСТа [2]. Электрообогреватели были расположены в кронштейнах на расстоянии 3÷5 см от внутренних стенок шкафа, всего было установлено 3 электрообогревателя суммарной мощностью 80 Вт. Температура окружающей среды при проведении испытаний опускалась поэтапно до минус 60 °С с выдержкой времени не менее 15 мин на температурах минус 30 °С, минус 45 °С и 30 минут при минус 60 °С. Запись с датчиков производилась в течение 3 часов. За это время температура термобарокамеры изменялась от +20,5 °С до минус 60 °С.

Полученные результаты в ходе проведения испытания представлены в виде графиков зависимостей температуры в заявленных точках от времени охлаждения шкафа учета в термобарокамере.

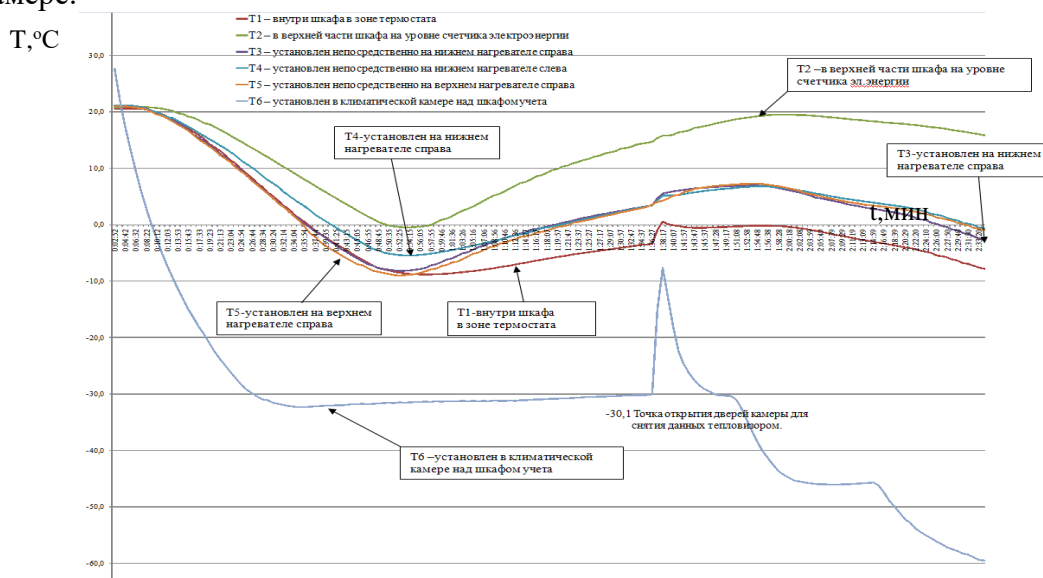


Рисунок 1 – Зависимость температуры T времени t охлаждения шкафа учета. Режим работы электрообогревателей МКЭ -1/1

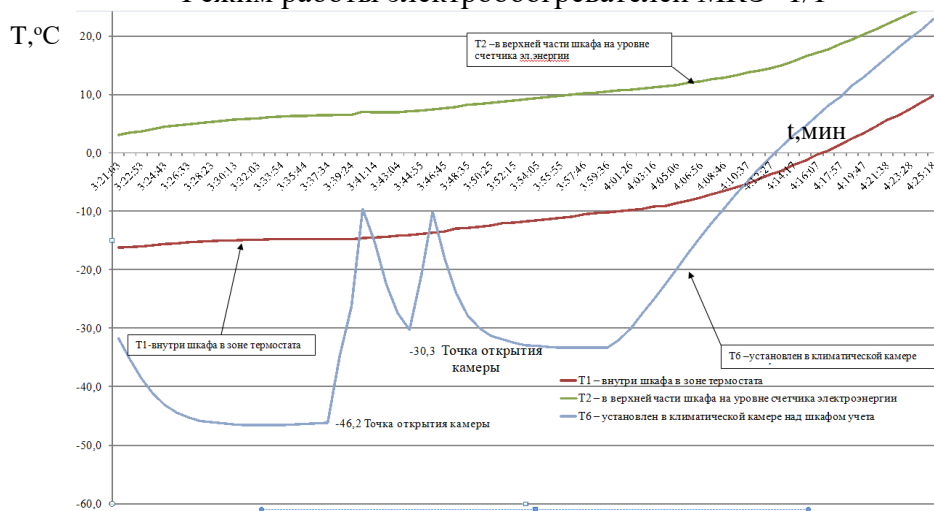


Рисунок 2 – Зависимость температуры T от времени t охлаждения шкафа учета. Режим работы карбонового провода 12к

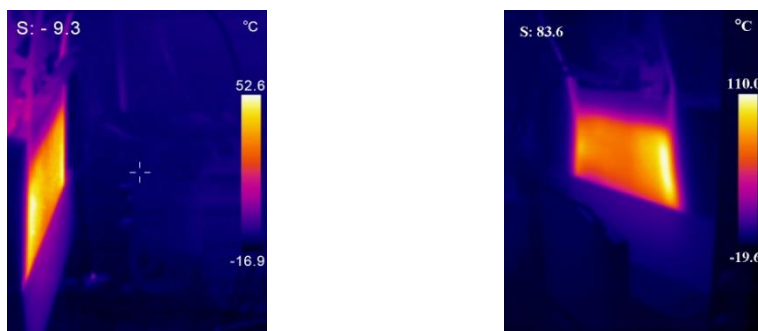


Рисунок 3 – Фотография тепловизионных исследований тепловизоромRGKTL-160 электрообогревателей МКЭ – 1/1, расположенных в шкафу учета под №2 и №3 соответственно

Испытание электрообогревателей МКЭ. При достижении в термобарокамере температуры минус 30 °С и выдержки времени 33 мин включился обогрев шкафа. При этом температура в зоне установки термостата NS была минус 9 °С и 0 °С в зоне счетчика электроэнергии ЦЭ6850М. Начался постепенный нагрев в шкафу. При температуре минус 40 °С наблюдается режим стабилизации. При снижении температуры в термобарокамере до минус 45 °С температура в шкафу стала снижаться и продолжила снижаться при минус 60 °С. При поддержании температуры в термобарокамере отминус 58 до минус 61,5 °С в течение 40мин температура в зоне счетчика составляла +12 °С, в зоне термостата NS минус 13 °С.

Испытание карбонового провода 12к. При температуре окружающей среды минус 30 °С температура в зоне расположения счетчика электроэнергии ЦЭ6850М находилась в пределах +3 °С. При этом температура в зоне установки термостата NS минус 16 °С. Наблюдается постепенный нагрев в шкафу. При достижении температуры в термобарокамере минус 45 °С температура в шкафу стабилизировалась доминус 15°С на уровне термостата NS.

В результате проведенных исследований установлено следующее:

1. Система обогрева шкафа на базе электрообогревателей МКЭ, производства ООО «ЭнергоЭффектТехнология» – при температуре минус 60 °С в термобарокамере, температура внутри щита была значительно выше 0 °С, что является необходимым условием для оптимальной работы всех узлов щита учета электроэнергии.

2. Анализ термограмм подтвердил равномерность распределения температурного поля на поверхности электрообогревателей МКЭ и стабильность потребляемой мощности.

3. Система обогрева шкафа на базе карбонового провода 12К - при минус 45°С температура в шкафу стабилизировалась при минус 15 °С на уровне термостата NS и около 0°С в районе счетчика электроэнергии.

4. Обе системы обогрева обеспечивают поддержание рабочих температур в утепленном шкафу ШУ-1 УХЛ1 для оборудования с предельной минимальной температурой эксплуатации минус 40 °С, но наилучшие результаты показала система обогрева при использовании электрообогревателей МКЭ. Возможно применение 3-х электрообогревателей МКЭ при температуре окружающей среды доминус 60 °С и использование 2-х МКЭ при изменении места расположения электрообогревателей.

5. Суммарная площадь эффективной поверхности электрообогревателей МКЭ составила 0,162м<sup>2</sup>, площадь карбонового провода 12к составила 0,05м<sup>2</sup>. Мощность электрообогревателей МКЭ - 80Вт, мощность карбонового провода 12к – 85 Вт. Исходя из данных эффективная площадь теплоотдачи электрообогревателей МКЭ в 3 раза больше, чем у карбонового провода 12к, при равных потребляемых мощностях. Следовательно, энергоэффективность использование электрообогревателей МКЭ значительно выше карбонового провода и экспериментально доказана целесообразность использования МЭК для обогрева щита учета электроэнергии при низких температурах окружающей среды.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Разработка энергоэффективных технологий обогрева и опытных образцов изделий на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей [Текст]: отчет о НИОКР / ООО «ЭнергоЭффектТехнология»; Т.М. Халина; М.В. Халин, А.Б. Дорош, А.В. Жуйков, и др. – Барнаул, 2012. – 123 с. – № ГР 01201164482.
2. ГОСТ Р 30630.2.1-2013 Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. – Взамен ГОСТ Р 51368-2011; введ. 2015-01-10.- Москва: Стандартинформ.-2014.-24 с.

## СОЛНЕЧНЫЕ БАТАРЕИ ДЛЯ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ СЕЛЬСКИХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Боровик Виктор Вадимович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: Borovik1998@yandex.ru

Научный руководитель - Федянин Виктор Яковлевич, д.т.н., профессор,  
e-mail: fedyanin054@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрены физические основы работы фотоэлектрических солнечных батарей, их виды и технология производства, рассмотрение физической основы вентильного фотоэффекта и условия его проявления.*

**Ключевые слова:** Солнечные батареи, вентильный фотоэффект, фотодиод, неравновесный носитель, полукристаллические батареи, монокристаллические панели.

Солнечная батарея - это устройство для непосредственного преобразования энергии солнечного излучения в электрическую энергию. В основе работы солнечной батареи лежит вентильный фотоэффект.

Вентильный фотоэффект - это явление возникновения электродвижущей силы (фотоэдс) при освещении структуры, состоящей из разнородных элементов [1].

### **Физические основы вентильного фотоэффекта**

Внутренний фотоэффект - это явление генерации неравновесных носителей заряда при облучении полупроводника электромагнитным излучением с энергией квантов, достаточной для такой генерации. Другими словами - нужно выполнить условие красной границы фотоэффекта, т.е. энергия кванта света должна быть больше некоторой характеристической энергии  $E_{\text{крас}}$ ,

$$h\nu \geq E_{\text{крас}},$$

где  $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж\*с – постоянная Планка.

В случае собственной фотопроводимости эта энергия равна ширине запрещенной зоны  $E_g$

$$E_{\text{крас}} = E_g$$

а в случае примесной - энергии ионизации примесного центра  $E_i$

$$E_{\text{крас}} = E_i$$

Наивысшее значение к.п.д. солнечных батарей можно достичь «собственной фотопроводимости», т.е. ситуации, когда при поглощении кванта света происходит переход электрона из валентной зоны в зону проводимости и появляется пара неравновесных носителей заряда - электрон и дырка.

Рассмотрим процесс разделения неравновесных носителей заряда на p-n-переходе.

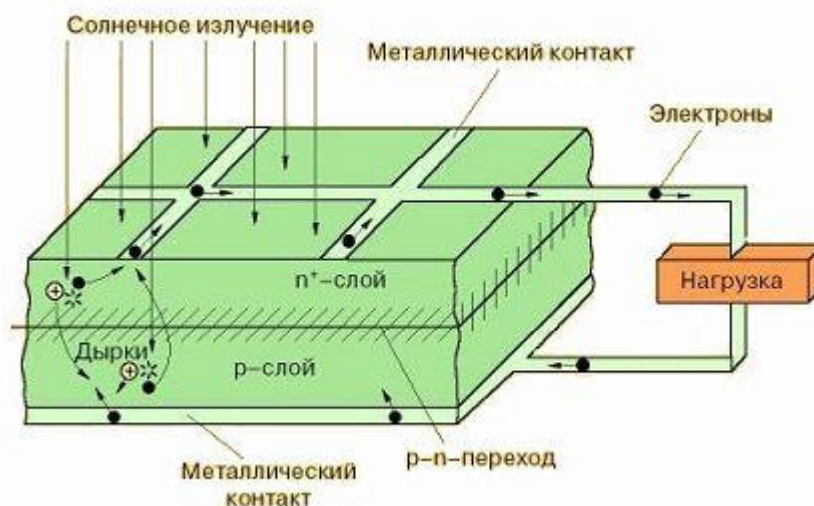


Рисунок 1 - Фотодиод (вентильный элемент с p-n-переходом)

При контакте материалов с различной величиной работы выхода инжекция электронов всегда происходит из материала с меньшей работой выхода в материал с большей работой выхода. В частности, для полупроводников, отличающихся только типом проводимости, работа выхода из полупроводника p-типа всегда больше, чем работа выхода из полупроводника n-типа, и при образовании p-n-перехода электроны инжектируются из приконтактного слоя электронного полупроводника в приконтактный слой дырочного полупроводника. При этом в n-области создается нескомпенсированный положительный объемный заряд, образованный ионизированными донорными примесями, а в p-области - отрицательный объемный заряд, образованный акцепторами, захватившими инжектированные электроны.

При попадании света в p-область излучение поглощается в ней и генерирует электронно-дырочные связи. От того что насыщенность тех и других носителей максимальна у поверхности, они диффундируют вглубь p-области, к p-n-переходу. Электроны перебрасываются контактным полем в p-область, заряжая ее отрицательно. Для основных носителей заряда (в данном случае это дырки) на границе существует потенциальный барьер, который они не способны преодолеть и поэтому дырки остаются в p-области, заряжая ее положительно. Таким образом, электрическое поле контакта пространственно разделяет неравновесные электроны и дырки, образующиеся под действием света [2].

### Оптимизация режимов работы солнечных батарей

Для эффективной работы солнечных элементов нужно соблюдать следующие условия:

1. Чтобы поглощать наибольшее количество солнечной энергии, нужен высокий коэффициент оптического поглощения активного слоя полупроводника.
2. Электроны и дырки должны кучно и плотно собираться на активных слоях контактов электрода.
3. Нужно обеспечить наименьшее сопротивление солнечного элемента, чтоб нести меньше потерь в мощности.

Солнечные батареи изготавливаются из кристаллического кремния. Примером служат моно- и поликристаллические батареи. Так же есть тонкопленочные батареи, но у них очень маленькое содержание кремния и поэтому имеют низкий к.п.д., ниже примерно в 2 раза, чем кристаллические. Поэтому их уже почти не осталось на рынке.

Первые панели были созданы итальянцем Джакомо Луиджи Чамичаном. В 1948г компания Bell Laboratories озвучила о том, что их компания будет создавать электрические батареи на основе кремния для получения электрического тока от солнечных лучей. В то время к.п.д. достигало 6-7% что в данное время очень низко. Спустя время солнечные батареи стали использовать в мелких устройствах, а так-же для спутников.

На данный момент времени на рынке существуют 3 типа солнечных панелей:

- 1- Монокристаллический.
- 2- Поли кристаллический.
- 3- Тонкопленочные.

*Монокристаллические панели* имеют наибольшую эффективность (примерное к.п.д. 25%) и удовлетворительные температурные показатели, но высока цена за ватт. Процесс изготовления очень дорогостоящий и долгий. Применяется технология Чохральского для создания кремния из расплава. В начальный момент используется настоящий кристалл чистого кремния. В ходе процесса роста кристалла кремния, его температура снижается, и мы получаем чистый кристалл кремня цилиндрической формы. Монокристаллические батареи имеют однородную структуру и цвет. Это их визуальное отличие от других типов батарей и является знаком высокой степени чистого кремня.

*Поликристаллические батареи* имеют немного меньший к.п.д. (примерно 18-20%), чем монокристаллические, но имеют меньшую цену за ватт. Эти батареи сделаны с большим количеством кристаллов кремня. Чтобы понизить стоимость батареи, технология долго выращивания цельного кристалла была заменена. Производитель попросту спускает кристаллическую затравку в ванну с жидким кремнем и там заготовка находится до определенной температуры. При таком процессе формируются разнонаправленные кристаллы, они имеют маленькие размеры, но их много. Из такой большой заготовки кристаллов нарезаются прямоугольные слитки, за тем из них собирают батареи. Они имеют неоднородную структуру и разный цвет на поверхности батареи [3].

В заключении, можно сказать, что на данный момент времени солнечная энергетика набирает обороты в распространении и увеличении разных показателей для создания конкуренции другим видам энергии. А так-же можно сказать, что это действительно безопасная, чистая, бесплатная энергия с неба, и за ней будущее.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сайт «Википедия-Свободная энциклопедия» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org>, свободный.
2. Парфенов В.В. Физика полупроводников (элементы теории, руководство издания к лабораторным работам): учеб.-метод. пособие для студ. физ. ф-та [Текст] / В.В. Парфенов, Р.Х. Закиров. - Казань: Физический факультет Казан. гос.ун-та, 2001.-60с.-Режим доступа: <http://old.kpfu.ru/f6/k5/binfiles/29.pdf>, свободный.
3. Мейтин М. Фотовольтаика: материалы, технологии, перспективы [Электронный ресурс]/М.Мейтин.-2008.-Режим доступа: <http://www.mobipower.ru/modules.php?name=Pages&pa=showpage&pid=1>, свободный.

#### ПАРАМЕТРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ЭЛЕКТРООБОГРЕВАТЕЛЕЙ ДЛЯ АПК

Володин Артем Андреевич, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: [coolpecna22@gmail.com](mailto:coolpecna22@gmail.com)

Научный руководитель - Ведманкин Александр Васильевич, старший преподаватель, e-mail: [eletok.pto@yandex.ru](mailto:eletok.pto@yandex.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Анализировали структуру композиционного материала проводника при помощи сканирования и оптического анализа микроскопом, а также просвечивающей электронной микроскопии с целью определить и оценить структуру модели композиционного материала для использования в производстве резиновых проводящих ковриков.*

**Ключевые слова:** методы обогрева, композиционный электрообогреватель, электрическое сопротивление, вулканизация, электропроводящая резина.

По показателям темпов прироста сельского хозяйства России они были одними из самых высоких в мире, но Россия отставала по показателю урожайности. Эксперты считают, что показатель урожайности будет расти благодаря будущему повышению продуктивности предприятий за счет внедрения новых технологий.

Одной из важнейших составляющих в сельскохозяйственной отрасли являются различные технологии обогрева [1], направленные на обогрев производственных помещений, молодняка скота в загонах, зерна и т.д. Применяемые методы обогрева представлены на рисунке 1.

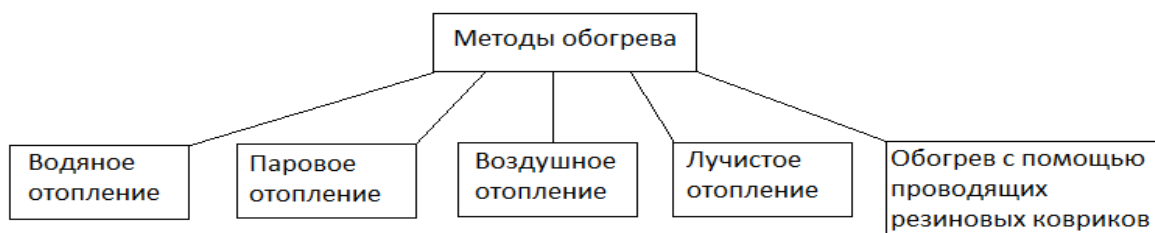


Рисунок 1 – Методы обогрева применяемые в сельском хозяйстве

Водяное отопление основано на принципе того, что теплоемкость воды примерно в 4000 раз больше теплоемкости воздуха. В качестве источника тепла используется центральное теплоснабжение или котельная на предприятии. Приборами отопления выступают радиаторы или регистры, сделанные из гладких труб.

Паровое отопление похоже на водяное, с тем лишь отличием, что вместо воды теплоносителем является водяной пар. Воздух, используемый в отоплении нагревается паром или водой, что делает его вторичным теплоносителем. Благодаря этому такое отопление является комбинированным: паровоздушным или водовоздушным.

Инновацией, затронувшей теплогенерацию и теплоснабжение, является технология лучистого отопления. Для данного вида отопления используют греющие панели – приборы отопления с гладкой поверхностью. Помещение обогревается благодаря направленному потоку энергии инфракрасного спектра, исходящего от обогревателей газовых инфракрасных или электрических, происходит лучистый теплообмен между предметами в помещении и обогревательными панелями.

Еще одной и наиболее реальной инновацией являются резиновые проводящие коврики, являющиеся композиционными электрообогревателями (КЭ), которые применяются для низкотемпературного поверхностно-распределенного обогрева. Использование этих обогревателей возможно для различного рода целей в сельскохозяйственной отрасли: согревание потомства животных, просушивание зерна на складе, обогрев плодородной почвы, для дезинфекции корма т.д. Обычно, для коврикков выбирается композит из бутилкаучука с слоем проводника, которым выступает технический углерод. Коврики поддерживают заданную температуру на всей своей поверхности, не нуждаясь в дополнительном саморегулировании, обладают защитой от пыли и влаги, что делает возможным их эксплуатацию в агрессивных средах, их установка очень проста и эффективна. Они могут работать даже при температуре окружающей среды  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что делает их очень надежными при использовании в сельском хозяйстве.

В общих чертах коврики имеют резистивный композит, между слоями изоляции, в котором находятся электроды. Электропроводность композита происходит за счет высокой однородности компонентов, из которых состоит сам композит [2].

В технологии производства композита можно использовать технический углерод марок N220, N330 и N550. Марка углерода выбирается исходя от типа работы, для которой будет использоваться коврик. Для того, чтобы изделие имело хорошие показатели электропроводности и имело антистатические свойства, технический углерод должен быть высокой

дисперсности и структурности. Наивысшая смешанность углерода в бутиловой матрице обеспечивается благодаря ориентированному выбору рецептуры и способа производства смесей резины, для удовлетворения показателя однородности распределения установленных свойств [3].

Массовое производство композиционных электрообогревателей требует высоких показателей стабильности электрофизических характеристик с последующим вычислением диапазона отклонения от номинального значения этих изделий в следствии с техническим заданием. Это обеспечивается только благодаря соблюдению регламента технологического производства электрообогревателей.

При соблюдении всех требований к показателям электрообогревателей, важным аспектом является определение параметров технологического процесса производства КЭ, которая включает в себя определение и контроль концентрации технического углерода разных марок в слое электропроводящего материала, электросопротивления в процессе вулканизации и времени для вулканизации.

В ходе выполнения исследовательской работы была установлена зависимость изменения сопротивления КЭ при заданном значении давлении прессы и определенной марки технического углерода от времени производства КЭ, при помощи ТМК Н 100.2.1 ПИБ.408843.047-01 РЭ и магазинов сопротивления Р-33 РТ-МП-7587-551-2020 (тип средств измерений утвержден приказом Федерального агентства по технического регулированию).

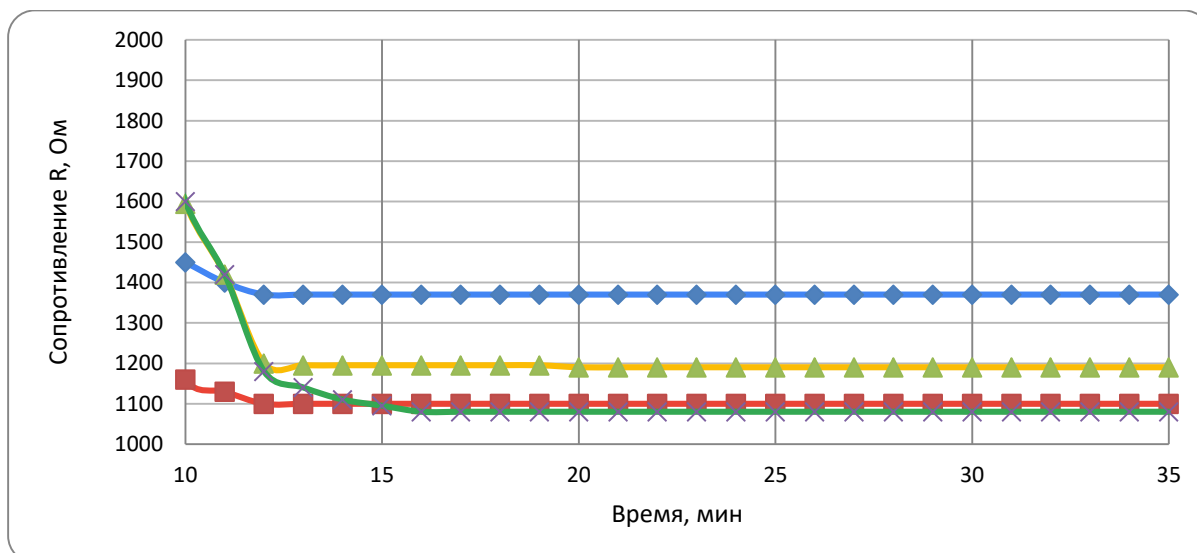


Рисунок 2 – График зависимости сопротивления от времени вулканизации для композита с маркой технического углерода N220

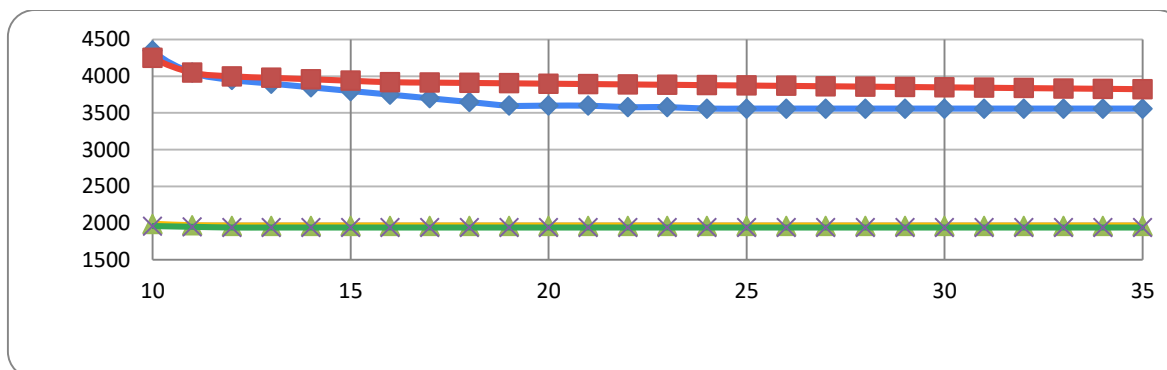


Рисунок 3 – График зависимости сопротивления от времени вулканизации для композита с маркой технического углерода N330



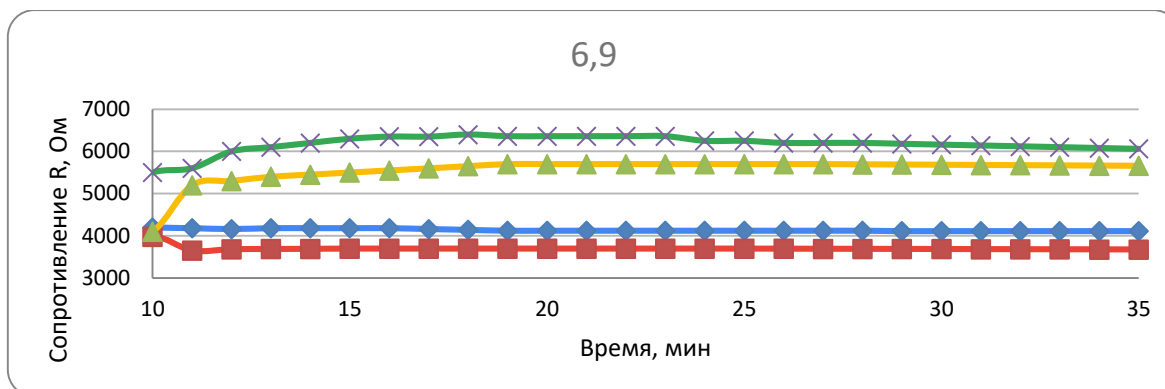


Рисунок 4 – График зависимости сопротивления от времени вулканизации для композита с маркой технического углерода N550

Исходя из вышеприведенных графиков, представленных на рисунках 1 - 3 видим, что показатель распределения технического углерода играет большую роль в постоянстве сопротивления образцов. Например, для технического углерода марки N220 диапазон изменения сопротивления варьируется от 1000 Ом до 1600 Ом, для марки N330 показатель находится в диапазоне от 1900 Ом до 4250 Ом, и соответственно для образца с маркой технического углерода N550 сопротивления находится в интервале от 4100 Ом до 6400 Ом, что является наибольшим сопротивлением из приведенных, что не обеспечивает однородность характеристик (рисунок 3).

Таким образом, выявлено, что при производстве КЭ, для композита проводника целесообразно применять технический углерод марок N330 и N220.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сканава А.Н., Махов Л.М. Отопление: Учебник для вузов. Москва: Издательство АСВ, 2008. 576 с.
2. Корнев А.Е. Электропроводящие резины со стабильными электрическими характеристиками. Санкт-Петербург: Химиздат, 2001. 211 с.
3. Халина Т.М. Многоэлектродные системы низкотемпературных композиционных электрообогревателей для агропромышленного комплекса. Халина Татьяна Михайловна: Барнаул, 2005. 445 с.
4. Халина Т.М. Системы обогрева на основе наноструктурных композиционных электрообогревателей [Текст] / Т.М. Халина, М.В. Халин, А.Б. Дорош, А.В. Ведманкин // Электротехника № 12, 2018. С. 21-29.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ МОТОРНОГО ДРОССЕЛЯ В СИСТЕМАХ С ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ

Гавриленко Павел Николаевич, магистрант кафедры ЭиАЭП, e-mail:esperok@mail.ru  
 Научный руководитель - Халина Татьяна Михайловна, д.т.н., профессор, e-mail:temf@yandex.ru  
 Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрено влияние использования моторного дросселя на работу системы электропривода с частотным преобразователем. Разобран принцип работы моторного дросселя, который заключается в снижении высших гармоник выходного напряжения. Рассмотрены параметры, на которые влияет использование моторного дросселя. Обозначены ситуации, в которых необходимо использование моторного дросселя.*

**Ключевые слова:** моторные дроссели, индуктивность, ступенчатость, частотный преобразователь, гармоники, пульсации.

Производственные процессы на предприятии должны обладать достаточной надёжностью и параметрами энергосбережения. Для достижения этих целей необходимо решить вопрос оптимизации электроприводной преобразовательной техники и обеспечить её безаварийную работу.

Преобразователь частоты, помимо регулировки требуемой величины технологического процесса, выступает и как защитное устройство приводов оборудования.

Моторные дроссели - это специальные элементы индуктивности, которые служат для обеспечения дополнительной защиты электропривода и улучшения его динамических и механических характеристик (рисунок 1) [1]. Моторные дроссели устанавливаются на выходе частотного преобразователя в питающей цепи двигателя.



Рисунок 1 – Фотография моторного дросселя

Применение моторных дросселей обусловлено принципом функционирования частотного преобразователя.

Прямоугольные импульсы, которые формируются на выходе частотного преобразователя во время его работы, представляют собой кривую в виде синусоидального ступенчатого сигнала, которая показывает подаваемое напряжение на двигатель (рисунок 2) [1]. Необходимо снизить высшие гармоники этого сигнала, для и сгладить его ступенчатость. Для этого применяются моторные дроссели. Точковый сигнал с использованием моторного дросселя приближается к практически идеальной синусоиде.

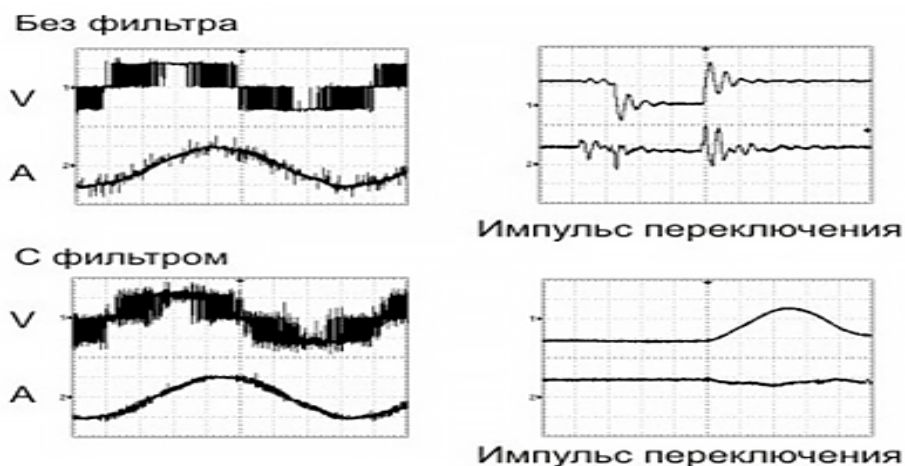


Рисунок 2 – Выходные сигналы частотного преобразователя с применением моторного дросселя и без него

Установка моторных дросселей в цепи питания электродвигателя обеспечивает:

- продуктивное подавление гармоник высших частот, получаемых на выходе частотного преобразователя, что влечет за собой увеличение КПД двигателя и уменьшение его нагрева;

- уменьшение прироста токов короткого замыкания и их амплитуды, благодаря чему улучшается защита от токов короткого замыкания;

- компенсацию емкостных токов на длинных линиях от частотного преобразователя до электродвигателя, что позволит свободно разместить шкаф управления в отведённом для этого месте, не привязываясь к рекомендуемой длине линии в 30-40 метров;

- сглаживание пиковых значений напряжения на обмотках двигателя [2].

Использование моторного дросселя в цепи питания электродвигателя увеличивает срок службы системы, в которой установлен этот электродвигатель, и улучшает работу этой системы. Также повышается надёжность эксплуатации электрооборудование. Моторный дроссель также сглаживает пульсации тока электродвигателя, ограничивает перенапряжения, возникающие во время коммутации электродвигателя, и компенсирует ёмкость линии от частотного преобразователя до электродвигателя.

Применение моторного дросселя необходимо в случае, если:

- длина кабельной линии от частотного преобразователя до двигателя более 40 метров;

- от частотного преобразователя параллельно управляются несколько электродвигателей;

- используются двигатели с большим сроком эксплуатации, либо невысоким классом изоляции;

- требуется защита частотного преобразователя от короткого замыкания в выходной цепи [2].

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Епифанов А.П. Электропривод: учебник / А.П. Епифанов, Л.М. Малайчук, А.Г. Гушинский. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 400 с. - ISBN 978-5-8114-1234-1. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/168425> (дата обращения: 25.10.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Фролов Ю.М. Проектирование электропривода промышленных механизмов: учебное пособие / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 448 с. - ISBN 978-5-8114-1571-7. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/168639> (дата обращения: 25.10.2021). - Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ С СИСТЕМОЙ СЛЕЖЕНИЯ

Гаранин Максим Евгеньевич, магистрант кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: [vsalem0@gmail.com](mailto:vsalem0@gmail.com)

Научный руководитель – Федянин Виктор Яковлевич, д.т.н., профессор,  
e-mail: [fedyanin054@mail.ru](mailto:fedyanin054@mail.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г.Барнаул, Россия

*Возобновляемые источники являются перспективными и экологически чистыми источниками электроэнергии. В бытовой сфере широкое распространение получили именно приемники солнечной радиации, так как они наиболее экономичны и не привязаны к географическим местам, как ГЭС или ВЭС. Важным фактором, при проектировании электростанций с системой слежения без применения фотодатчиков, является выбор оптимальной траектории поворота фотоэлектрического модуля*

**Ключевые слова:** возобновляемые источники энергии, солнечная радиация (СР), солнечные панели, солнечные коллекторы, системы слежения.

На произвольно-ориентированную площадку солнечная радиация (СР) поступает в виде трех составляющих: прямая, рассеянная и отраженная [1]. Суммарная СР, поступающая на произвольно-ориентированную площадку, рассчитывается следующим образом:

$$R_{\Sigma}(t) = R_{np}(t) + R_{\delta}(t) + R_{отр}(t); \quad (1)$$

где  $R_{np}(t)$  – прямая составляющая СР;

$R_{\delta}(t)$  – диффузионная или рассеянная составляющая СР;

$R_{отр}(t)$  – отраженная составляющая СР от поверхности Земли.

Из трех составляющих солнечного излучения ( $R_{np}$ ,  $R_{\delta}$ ,  $R_{отр}$ ), наибольшее значение для солнечной энергетики имеет прямое солнечное излучение –  $R_{np}(t)$  как для горизонтальных, так и для произвольно наклоненных приемных площадок [1]. На рисунке 1 изображена схема поступления прямой СР. Мощность прямого солнечного излучения на произвольно ориентированную площадку площадью  $F(m^2)$  на Земле в любой момент времени ( $R_F(t)$ ) определяется следующим соотношением:

$$R_F(t) = R_m(t) \cdot \cos \theta^0(t), \quad (2)$$

где  $R_m(t)$  – мощность потока прямого солнечного излучения на поверхности Земли на приемную площадку, перпендикулярную  $R_m(t)$ , при оптической массе атмосферы  $m$ ,  $\theta^0$  (град) – угол падения СР.

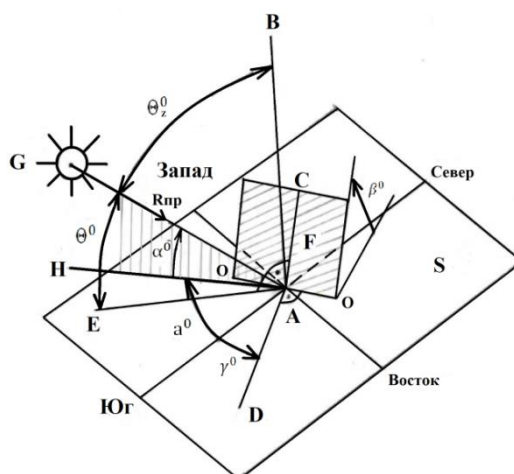


Рисунок 1- Геометрия приемной площадки

Для определения оптимального угла ориентирования следует решить задачу:

$$\cos \theta^0 [max], \text{ при } \omega = const$$

Вспользуемся формулой:

$$\cos \theta = \sin \delta \cdot \sin \varphi \cdot \cos \beta - \sin \delta \cdot \cos \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma + \cos \delta \cdot \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin \varphi \cdot \sin \beta \cdot \cos \gamma \cdot \cos \omega + \cos \delta \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma \cdot \sin \omega \quad (3)$$

Где  $\beta^0$  – угол наклона площадки, рад;

$\gamma^0$  – азимут приемной площадки, рад;

$\varphi$  – широта местности, рад;

$\delta$  – угол склонения солнца, рад;

$\omega$  – часовой угол солнца, рад

Угол склонения солнца может быть найден по формуле:

$$\delta = \delta_0 \sin \left( 360 \frac{284+d}{365} \right);$$

где  $\delta_0$  - максимальное склонение и равно  $\delta = 23.45^\circ$   
 $d$  - порядковый номер дня отсчитываемый с начала года  
 Часовой угол солнца определяется по формуле:

$$\omega = 15(t - t_{\text{полд}}) + E(t) + (\psi - \psi_{\text{зоны}})$$

где  $t_{\text{полд}}$  - время солнечного полдня для данной часовой зоны, ч

$E(t)$  - уравнение времени

$\psi_{\text{зоны}}$  - географическая долгота той меридиональной плоскости, в которой полдень совпадает с истинным солнечным полднем, рад.

В таблице 1 представлены результаты расчета солнечной радиации, поступающей на приёмную площадку, расположенную в городе Барнаул, для июня месяца.

Таблица 1 - Результаты расчета солнечной радиации, поступающей на приёмную площадку с системой ориентирования, и при ориентировании строго на юг

Час	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
$\gamma^0$	-	-	-	-	-	-	-	-	16	41	61	75	88	100	111	122
$\beta^0$	85	73	67	58	47	40	33	28	27	32	41	49	58	68	79	85
$R_m$ (МДж/час·м <sup>2</sup> )	0,9	1,6	2,2	2,6	2,8	3	3,2	3,3	3,3	3,2	3	2,8	2,5	2,1	1,5	0,8
При ориентировании строго на юг																
$R_m$ (МДж/час·м <sup>2</sup> )	0	0,4	0,7	1,3	1,9	2,6	3	3,2	3,2	3	2,5	1,9	1,3	0,6	0,3	0

Разработанная методика позволяет рассчитать траекторию движения фотоэлектрического модуля в течение всего года.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Виссарионов В.И., Дерюгина Г.В., Кузнецова В.А., Малинин Н.К., СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА: Учебное пособие для вузов /Под ред. В.И. Виссарионова. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008. – 320 с.

#### РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПЕРЕМЕННОГО ТОКА С ДВУЗОННЫМ УПРАВЛЕНИЕМ ДЛЯ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Давыдов Артем Евгеньевич, аспирант кафедры «Электропривода и автоматизации промышленных установок», e-mail: a.e.davydov@corp.nstu.ru

Научный руководитель - Котин Денис Алексеевич, к.т.н., доцент, e-mail: d.kotin@corp.nstu.ru  
 Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

*Рассмотрены существующие системы управления как синхронным, так и асинхронным электродвигателем. В результате обзора даны рекомендации по решению проблемы добавления двузонного управления.*

**Ключевые слова:** Поле ориентированное управление, модернизация, двузонное управление, СДПМ.

В настоящее время большое распространение имеют станки с автоматизированной системой подачи и отвода рабочего органа, например, шпинделя. Это нужно для того, чтобы обеспечить эффективную работу при изготовлении изделия и повысить безопасность при работе со станком.

Для решения данной проблемы используют несколько методов.

В первом варианте используют синхронный двигатель с подключением блока сопротивлений в цепь ротора. Преимуществом такого решения является дешевизна устройства. Недостатками является ступенчатое управление, отсутствие возможности поле ориентиро-

ванного управления, ненадежность конструкции, отсутствие возможности организации двухзонного управления электроприводом.

Во втором варианте можно воспользоваться более мощным электродвигателем с частотным преобразователем. Преимущества такого решения – это плавность при изменении частоты питающего напряжения, соответственно и плавность управления вращения ротора, поле ориентированное управления, управление моментом вращения, возможность использования как асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором так и синхронного двигателя с постоянными магнитами. Недостатками такого решения будет высокая цена оборудования в сборе и большие габариты двигателя и в целом конструкции.

Проблема заключается в том, что отсутствует возможность изменить или модифицировать преобразователь частоты питающего напряжения, так как существующие алгоритмы управления как синхронным двигателем с постоянными магнитами, так и асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором подразумевают осуществление поле ориентированное управление и управление моментом.

В таком случае существует необходимость модифицировать непосредственно электрический двигатель и найти баланс между стоимостью и эффективностью, с учетом всех имеющихся преимуществ и недостатков. Наиболее целесообразно имеет смысл модернизировать синхронный двигатель с постоянными магнитами, это может позволить добавить дополнительные зоны управления позволяющие увеличить скорость вращения ротора или увеличить мощность.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вольдек А.И. Электрические машины. Машины переменного тока: Учебник для вузов. – СПб.: Питер, 2010 - С. 196
2. Ледовский А.Н. Электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами. – М.: Энергоатомиздат, 1985. - С. 19
3. Новожилов А.Н., Полищук В.И. Выбор метода расчета магнитного поля для определения параметров КИП // Известия вузов. Электромеханика. – 1993. – No 7. – С. 37–39.
4. Вольдек А.И., Данилевич Я.Б. Электромагнитные процессы в торцевых частях электрических машин. – Л.: Энергоатомиздат, 1983. – 213 с.

#### ПРОСТОЙ РЕВЕРСИВНЫЙ КОММУТАТОР ДЛЯ ДВУХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Девянин Александр Александрович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:aleksandr-devyanin@bk.ru

Научный руководитель - Стальная Мая Ивановна, к.т.н., профессор, e-mail: eiaer@bk.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены возможные схемы пуска двухфазного асинхронного двигателя при питании от однофазной электрической сети: конденсаторная, как наиболее применяемая, и транзисторная, как одна из существующих на данный момент полупроводниковых схем. Выявлена необходимость в разработке простого устройства пуска двухфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. Определены требования к данному устройству.*

**Ключевые слова:** *отдаленный район, двухфазный асинхронный двигатель, конденсатор, однофазная сеть, реверс, полупроводниковый коммутатор.*

Как известно, при наличии трёхфазной электрической сети можно использовать двигатели, вращающееся магнитное поле которых обладает малым количеством колебаний. Однако, в отдаленные районы, где расположены фермерские хозяйства и различные малые объекты производства, электроэнергия передается по однофазной сети, так как использование трёхфазной сети для этих целей экономически нецелесообразно.

В связи с этим потребители используют для своих нужд однофазные асинхронные электродвигатели. При этом в большинстве случаев применяют конденсаторный пуск асинхронного двигателя, в статоре которого располагаются две обмотки: главная и вспомогательная, оси которых смещены относительно друг друга на 90 электрических градусов [3]. То есть, можно утверждать, что он является двухфазным. Вспомогательную обмотку включают в сеть через конденсатор. Таким образом, после пуска двигатель работает не с пульсирующим магнитным полем, как в случае с однофазным асинхронным двигателем, а с вращающимся магнитным полем. Следует отметить, что для увеличения пускового момента во вспомогательную фазу параллельно включают два конденсатора – пусковой и рабочий [2]. После достижения номинальной скорости вращения пусковой конденсатор отключают.

Асинхронный двигатель с конденсаторной схемой пуска обладает преимуществом по сравнению с другими однофазными, а именно более лучшими энергетическими показателями в номинальном режиме работы. Однако, существенным недостатком данной схемы, помимо низкой надежности вследствие использования конденсаторов большой емкости и необходимости изменения ёмкости по мере изменения нагрузки, является отсутствие возможности реверса, то есть вращения вала двигателя в противоположную сторону. Довольно часто реверс требуется для выполнения различных операций, поэтому возникает необходимость в применении схемы пуска асинхронного двигателя с возможностью вращения вала в обе стороны.

Существует множество различных схем пуска асинхронного двигателя с возможностью реверса, одна из них представлена на рисунке 1 [1]. В ней используется два реверсивных полупроводниковых коммутатора, каждый из которых состоит из двух биполярных транзисторов с проводимостью N-P-N типа: коллектор нечётного соединён с эмиттером чётного и наоборот – эмиттер нечётного соединён с коллектором чётного. Данное устройство позволяет осуществлять пуск, реверс и регулирование скорости вращения двухфазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором.

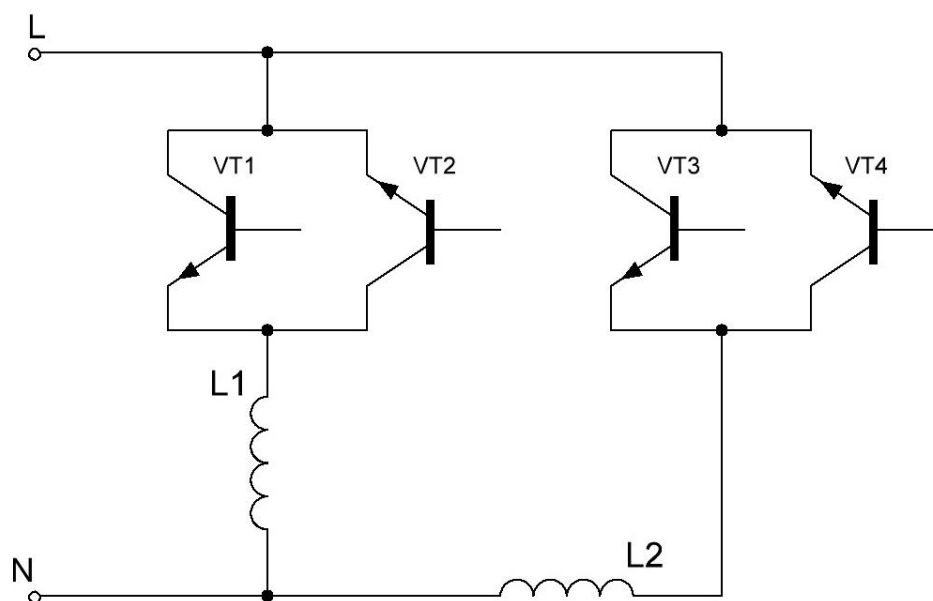


Рисунок 9 - Схема пуска асинхронного двигателя с возможностью реверса на полупроводниковых элементах

Однако, в отдалённых районах количество инженеров-электротехников крайне мало, в связи, с чем обслуживать такие устройства в случае поломки будет довольно проблематично, так как требуются определённый уровень квалификации в электротехнике и электронике для диагностирования неисправности биполярного транзистора. Кроме того, для нужд фермерских хозяйств не требуется плавность и большой диапазон регулирования скорости вращения вала электродвигателя.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что существует потребность в разработке простого реверсивного полупроводникового коммутатора, который обеспечивает пуск двухфазного асинхронного двигателя от однофазной сети, работу двигателя с вращающимся магнитным полем, даёт возможность реверса, обладает высокой надёжностью, лёгок в эксплуатации и обслуживании, тем самым, не требуя особых познаний в электротехнике и электронике.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пат. 2420857 Российская Федерация, МПК H02P 1/42, H02P 25/04, H02P 27/04. Полупроводниковое устройство регулирования скорости однофазного двухобмоточного асинхронного двигателя [Текст] / М.И. Стальная, П.С. Черемисин, А.А. Скорняков [и др.]; заявитель и патентообладатель Алт. гос. тех. унив-т им. И.И. Пзунова - № 2010123977/07; заявл. 11.06.10; опубл. 10.06.11, Бюл. № 16. – 5 с.

2. Андрианов В.М. Электрические машины и аппараты [Текст] / В.М. Андрианов. – Москва: «Колос», 1971. – 448 с. с илл. (Учебники и учебные пособия для высш. с.-х. учеб. заведений).

3. Волков Н.И., Миловзоров В.П. Электромашинные устройства автоматики: Учеб. для вузов по спец. «Автоматика и телемеханика». - 2-е изд. - М.: Высш. шк., 1986.

#### К ВОПРОСУ ВЫБОРА СПОСОБА ЗАПУСКА ТРЕХФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ОТ ОДНОФАЗНОЙ СЕТИ

Дорохов Данил Валерьевич, студент кафедры ЭиАЭП, e-mail: danil.dorokhov.2000@mail.ru

Еремочкин Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент, e-mail: s.eremochkin@yandex.ru

Научный руководитель - Стальная Мая Ивановна, к.т.н., профессор, e-mail: vens-1@ya.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В статье рассмотрено оригинальное устройство запуска трехфазных асинхронных электродвигателей сельскохозяйственного оборудования от однофазной сети. Приведена принципиальная электрическая схема и дано описание работы устройства. Обосновано его применение в электроприводе сельскохозяйственного оборудования.*

**Ключевые слова:** электродвигатель, векторно-алгоритмическое управление, устройство запуска, электрический привод.

Как известно, современное производство сельскохозяйственной продукции невозможно без применения электрифицированных машин. При этом, в электроприводе подобных устройств обычно применяются трехфазные асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Данный тип двигателей получил наибольшее распространение, так как имеет низкую стоимость, прост в эксплуатации [1, 2].

Для работы трехфазного двигателя необходимо подключение к трехфазной сети электроснабжения. Между тем, в отдаленных районах сельской местности обычно проведена только однофазная сеть, что осложняет запуск сельскохозяйственных электрифицированных машин. В связи с этим встает вопрос выбора способа запуска трехфазного асинхронного электродвигателя от однофазной сети переменного тока [3].

Наиболее распространенным способом запуска трехфазных двигателей от однофазной сети является включение в цепь питания фазосдвигающего конденсатора. Однако, данный способ запуска имеет ряд недостатков: отсутствует возможность регулирования скорости электродвигателя, а также большие габариты и масса устройства из-за использования бумажных конденсаторов.

Альтернативой конденсаторному способу запуска является применение устройств на основе полупроводниковых элементов, способных осуществлять поочередное питание статорных обмоток двигателя [4]. Достоинствами таких устройств являются небольшие габари-



ты, эффективное использование электроэнергии, возможность осуществления реверса и изменения частоты вращения двигателя. При этом, наибольшее распространение получил частотный асинхронный электропривод с векторным управлением, включающий асинхронный электродвигатель и преобразователь частоты. С помощью современных преобразователей частоты возможно осуществлять управление электродвигателем при различных режимах питающего напряжения, в том числе и от однофазной сети.

Для обеспечения запуска трехфазного асинхронного электродвигателя при питании от однофазной сети возможно использование полупроводникового устройства запуска [5]. Принципиальная схема устройства представлена на рисунке 1.

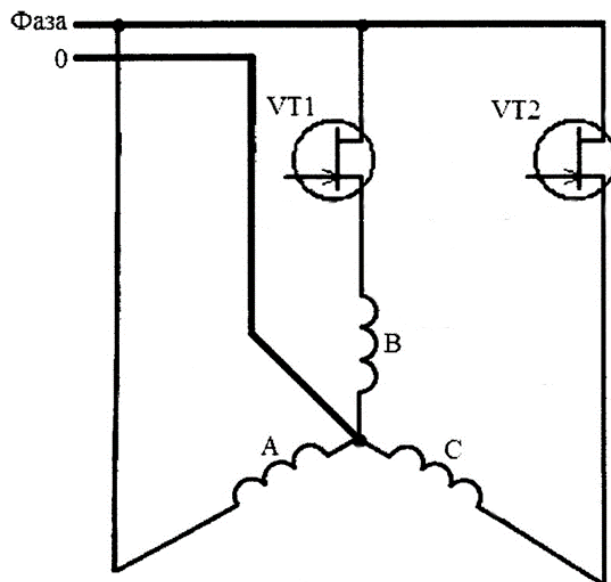


Рисунок 1 – Принципиальная схема полупроводникового устройства запуска

Рассматриваемое устройство предназначено для питания трехфазных асинхронных электродвигателей от однофазной сети. При этом, обмотки статора двигателя должны быть соединены по схеме «звезда». В цепи питания двух обмоток последовательно введены полевые транзисторы, исполняющие функцию полупроводниковых ключей. Подавая управляющее напряжение на затворы транзисторов в определенной последовательности возможно регулировать направление протекания тока по статорным обмоткам двигателя, тем самым создавая различные направления вектора магнитной индукции поля статора.

Векторная диаграмма поля статора двигателя представлена на рисунке 2.

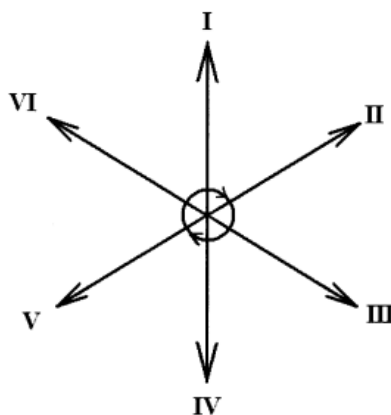


Рисунок 2 – Векторная диаграмма поля статора двигателя

Алгоритм подачи управляющих напряжений на затворы транзисторов, обеспечивающий создание кругового вращающегося поля статора в соответствии с векторной диаграммой на рис. 2 выглядит следующим образом:

1. для создания вектора магнитной индукции в соответствии с положением I при отрицательной полуволне однофазного питающего напряжения необходимо открыть транзистор VT1;

2. для создания вектора магнитной индукции в соответствии с положением II при отрицательной полуволне однофазного питающего напряжения необходимо открыть транзистор VT1 и VT2;

3. для создания вектора магнитной индукции в соответствии с положением III при отрицательной полуволне однофазного питающего напряжения необходимо закрыть транзистор VT1, а транзистор VT2 оставить открытым;

4. для создания вектора магнитной индукции в соответствии с положением IV при положительной полуволне однофазного питающего напряжения необходимо открыть транзистор VT1, а транзистор VT2 закрыть;

5. для создания вектора магнитной индукции в соответствии с положением V при положительной полуволне однофазного питающего напряжения необходимо открыть транзистор VT1 и VT2;

6. для создания вектора магнитной индукции в соответствии с положением VI при положительной полуволне однофазного питающего напряжения необходимо закрыть транзистор VT1, а транзистор VT2 оставить открытым.

В следующие периоды питающего однофазного напряжения алгоритм подачи управляющих напряжений на затворы транзисторов повторяется, тем самым обеспечивая создание кругового вращающегося поля статора трехфазного двигателя.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод о том, что разработанный электропривод возможно использовать для запуска и работы трехфазного асинхронного электродвигателя от однофазной сети переменного тока.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Еремочкин С.Ю., Дорохов Д.В. Устройство регулирования скорости вращения ротора трехфазного асинхронного электродвигателя для пастеризационных установок // Наука и молодежь: мат. 18-й Всероссийской науч.-техн. конф.; г. Барнаул, 19-23 апреля 2021. - С. 230-232.

2. Еремочкин С.Ю., Дорохов Д.В. Реверсивный полупроводниковый коммутатор запуска трехфазного асинхронного короткозамкнутого электродвигателя от однофазной сети // Энерго- и ресурсосбережение - XXI век: Материалы XVIII междунар. науч.-практ. конф.; г. Орел, 8-10 декабря 2020. – С. 43-48.

3. Еремочкин К.С., Еремочкин С.Ю. Рациональное использование электрифицированных машин при однофазном электроснабжении // Энергетика глазами молодых. 2017. С. 53-56

4. Еремочкин, С. Ю. Повышение эффективности мобильных машин в апк на основе векторно-алгоритмического управления электродвигателем [Текст]: дис.....канд. техн. наук: 05.20.02 / С. Ю. Еремочкин. – Барнаул, 2014. – 151 с.

5. Полупроводниковый редуктор, ведомый однофазной сетью переменного тока: пат. 163695 Рос. Федерация / М.И. Стальная, С.Ю. Еремочкин, А.А. Титова, Д.А. Королев. № 2015154188/07; заявл. 16.12.2015; опубл. 10.08.2016.

## АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ СТАБИЛИЗАЦИИ СКОРОСТИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Жовтовский Лука Игоревич, магистр, e-mail: lukazhovtovski@gmail.com  
 Научный руководитель - Панкрац Юрий Витальевич, к.т.н., доцент,  
 e-mail: pankracz@corp.nstu.ru

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

*В настоящей работе анализируются различные настройки регулятора скорости беспилотного летательного аппарата (БПЛА). В автоматическом полете регулирование скорости БПЛА осуществляется бортовым компьютером – системой автоматического управления (САУ).*

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, анализ методов регулирования скорости, синтез регулятора скорости, модифицированный модальный метод.

Беспилотные летательные аппараты играют стратегическую роль во всем народном хозяйстве нашей страны. Они внедряются во многие кейсы, где ранее работал только человек.

В плане развития беспилотных систем многое уже сделано, однако есть области, которые требуют глобальной проработки вопросов, в том числе и регулирование скорости перемещения. Для беспилотного летательного аппарата существует целый ряд возмущающих воздействий, препятствующий точному регулированию скорости. Несомненно, есть определенные проработки в этих вопросах [1,2], и алгоритмов регулирования скорости предложено большое множество.

Представим математическое описание объекта управления – беспилотный летательный аппарат типа «крыло», заданное структурной схемой, в векторно-матричной форме записи математического описания объекта управления:

$$\dot{X} = A \cdot X + B \cdot u + M \cdot f,$$

где  $X = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix}$  – двумерный вектор координат состояния;  $u, f$  – скалярные управляющее и возмущающее воздействия соответственно;  $A$  – собственная матрица объекта управления,  $B$  – матрица управлений,  $M$  – матрица возмущений, характеризующая вхождение сигнального возмущающего воздействия  $f$  в структуру объекта управления:

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{1}{T_{км}} & -\frac{K_{ос}K_{км}}{T_{км}} \\ \frac{K_{нр}}{J} & 0 \end{bmatrix}; \quad B = \begin{bmatrix} K_{км} \\ T_{км} \\ 0 \end{bmatrix}; \quad M = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{K_{нр}}{J} \end{bmatrix}$$

Рассчитаем установившиеся значения ОУ при подаче единичного управляющего воздействия:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} x_{1уст}^u \\ x_{2уст}^u \end{bmatrix} &= \lim_{p \rightarrow 0} \frac{(pE - A)^* \cdot B}{|pE - A|} = \begin{bmatrix} 0 & -\frac{K_{ос}K_{км}}{T_{км}} \\ \frac{K_{нр}}{J} & \frac{1}{T_{км}} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} K_{км} \\ T_{км} \\ 0 \end{bmatrix} \cdot \frac{T_{км}J}{K_{ос}K_{км}K_{нр}} = \\ &= \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{K_{нр}K_{км}}{JT_{км}} \end{bmatrix} \cdot \frac{T_{км}J}{K_{ос}K_{км}K_{нр}} = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{1}{K_{ос}} \end{bmatrix} \end{aligned}$$

Результирующую модель, синтезированную модифицированным модальным методом можно увидеть на рисунке 1

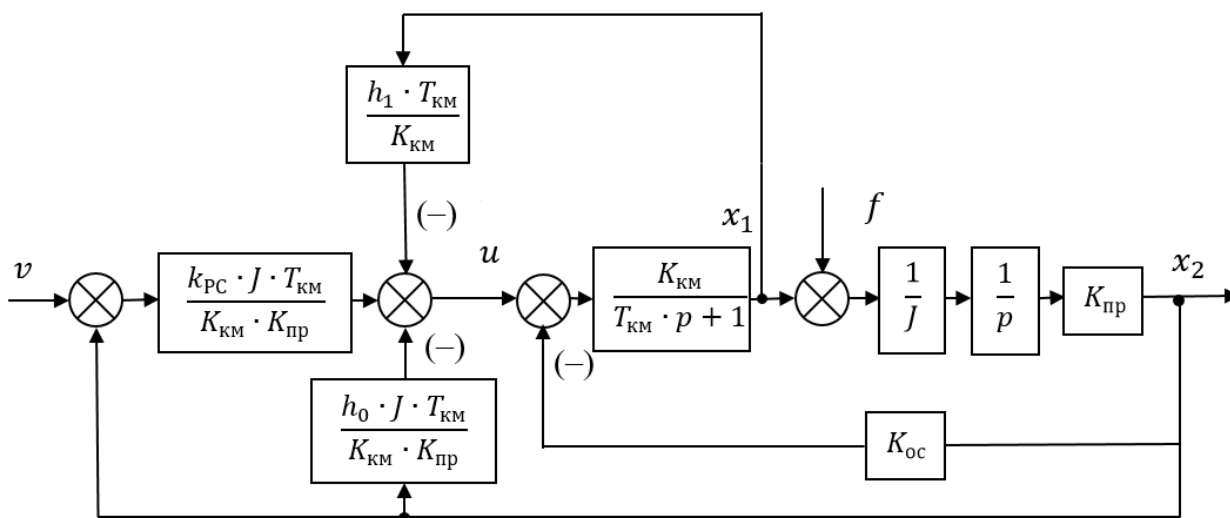


Рисунок 1– Структурная схема системы с модифицированным модальным управлением и полными измерениями

Синтезировав систему модифицированным модальным методом, получится обеспечить отсутствие ошибки в статике и добиться желаемых показателей качества. Это говорит о том, что если на объект будет приложено скачкообразное возмущающее воздействие, то будет наблюдаться кратковременное динамическое отклонение выходной координаты  $x_2$  от заданного установившегося значения. По окончании того или иного промежутка времени, определяемого величиной среднегеометрического корня  $\Omega$ , астатическая САУ будет возвращена к исходному состоянию в соответствии с требованием [1]:

$$\lim_{t \rightarrow \infty} x_2(t) = v.$$

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Mohamed Elajrami, ZouaouiSatla, KouiderBendine. Drone Control Using the coupling of the PID Controller And Genetic Algorithm. Electrical Engineering in Transpor.Laboratory of Mechanical Structures and Solids, University DjillaliLiabes of Sidi Bel Abbes, Sidi Bel Abbes, Algeria.
2. Система контроля скорости беспилотного транспортного средства / Д.С. Мудрик, С.С. Осеков. УДК 62-527.7 Политехнический молодежный журнал. 2017 №2

#### ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА В СРЕДЕ SIMINTECH

Жуков Алексей Андреевич, студент кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:zh\_astu@mail.ru

Научныйруководитель - Еремочкин Сергей Юрьевич, к.т.н., доцент,  
e-mail:s.eremochkin@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Разработана имитационная компьютерная модель асинхронного электропривода в среде SimInTech. Произведен расчет конденсаторов для питания трехфазного электродвигателя от однофазной сети. Представлена компьютерная имитационная модель конденсаторного запуска трехфазного асинхронного электродвигателя. Получены графики изменения скорости вращения и электромагнитного момента асинхронного электродвигателя. Проанализированы результаты моделирования.*

**Ключевые слова:** асинхронный электропривод, однофазная питающая сеть, имитационное моделирование, конденсаторный запуск, SimInTech.

Основой развития народного хозяйства России является широкая электрификация предприятий промышленности и сельского хозяйства. Только ее всестороннее развитие позволяет полностью механизировать производство, широко внедрить автоматическое управление и значительно увеличить производительность труда.

Асинхронный электропривод, наиболее распространенный тип электропривода, широко применяется не только в промышленности, строительстве и сельском хозяйстве, но и в частном секторе, в быту, в домашних мастерских, на садовых участках. В таких условиях, при отсутствии трехфазной питающей сети, асинхронный электродвигатель может успешно выполнять свои функции и при питании от однофазной сети.

В данном случае возникает вопрос оптимального выбора и использования устройств управления и питания трехфазного асинхронного электродвигателя при подключении к однофазной сети, а также исследование режимов работы электропривода.

При исследовании режимов работы электропривода наибольший интерес представляет исследование рабочих характеристик электродвигателей, а также графиков, протекающих в них переходных процессов при использовании тех или иных устройств управления и питания.

Среди имеющихся методов получения характеристик электрических двигателей, которые используются в электрическом приводе, для научных исследований хорошо подходит метод компьютерного имитационного моделирования. Данный метод имеет ряд преимуществ по сравнению с физическим (опытно-экспериментальным) и математическим методами. Главные из них, это отсутствие специального исследовательского оборудования и исключение самостоятельного расчета сложных алгебраических, дифференциальных и интегральных уравнений, описывающих исследуемую систему [1, 2].

В связи с специализацией задач имитационного моделирования, выделяют следующие направления этого метода и наиболее соответствующее им программное обеспечение:

- моделирование динамических систем (MATLAB, VisSim, LabView, SimInTech);
- дискретно-событийное моделирование (GPSS, SYMULA, Arena, AutoMod, EnterpriseDynamics, FlexSim);
- агентное моделирование (NetLogo, Swarm, Repast, ASCAPE);
- системная динамика (VenSim, PowerSim, iSink) [3].

Перечисленные программные пакеты обладают как несомненными достоинствами, так и некоторыми недостатками, к которым относятся – узкая направленность, нелокализованный интерфейс, и отсутствие бесплатных версий программ. На этом фоне, среда динамического моделирования SimInTech обладает рядом преимуществ, главные из которых – возможность реализации всех направлений имитационного моделирования технических систем, отечественная команда разработчиков и бесплатный доступ ко всем инструментам среды для студентов.

В данной работе, в качестве объекта исследования выступает, так называемый конденсаторный способ запуска трехфазного асинхронного электродвигателя от однофазной сети. Несмотря на наличие в современном электроприводе более совершенных способов, позволяющих произвести питание трехфазного двигателя от однофазной сети, данный способ имеет широкую известность и популярность в отечественном электроприводе, преимущественно за счет простоты реализации и большой доступности конденсаторов для населения.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема подключения конденсаторов к выводам обмоток асинхронного электродвигателя, обмотки которого соединены по схеме «звезда».

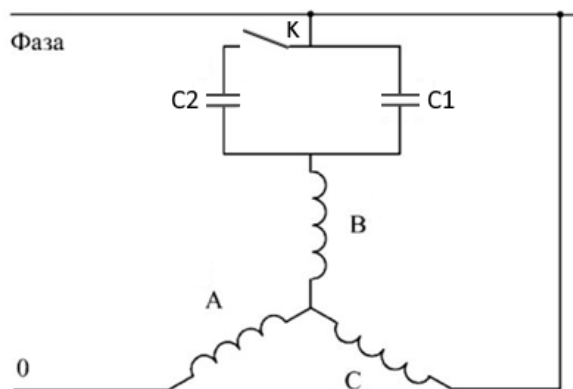


Рисунок 1 – Схема подключения конденсаторов

где Фаза – фаза питающей сети; 0 – ноль питающей сети; А, В, С - статорные обмотки электродвигателя; С1 – рабочий конденсатор; С2 – отключаемый конденсатор; К – выключатель.

Имитационная модель в среде SimInTech представлена на рисунке 2.

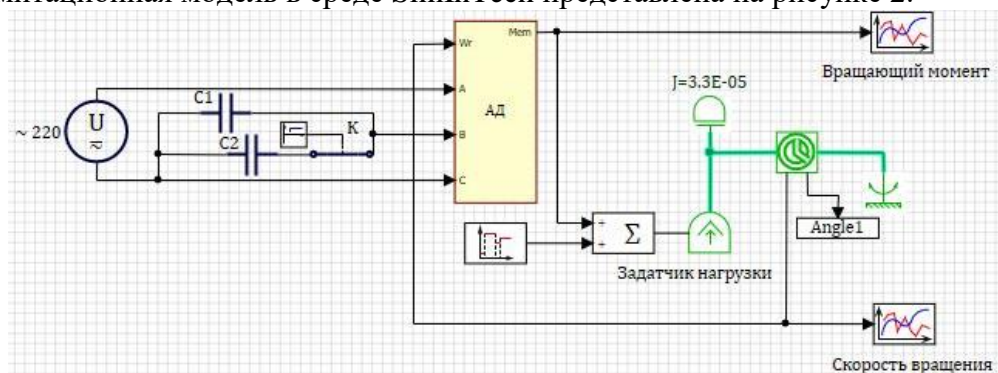


Рисунок 2 – Имитационная модель запуска АД от однофазной сети

При данном подключении, напряжение сети подводится к двум выводам электродвигателя, соответствующим началам двух обмоток. Между одним из них и выводом, соответствующим началу третьей обмотки, включаются конденсаторы С1 и С2. При этом, последний конденсатор необходим для увеличения пускового момента электродвигателя [4].

Пусковая емкость рассчитывается по следующей формуле:

$$C_{\text{п}} = C_{\text{р}} + C_0; \quad (1)$$

где  $C_{\text{р}}$  – рабочий конденсатор;  $C_0$  – отключаемый конденсатор

Для способа подключения, представленного на рисунке 1, приближенное значение рабочей и отключаемой емкостей может быть определено по следующим соотношениям:

$$C_{\text{р}} = 2800 \frac{I_{\text{ном}}}{U}; \quad (2)$$

$$C_{\text{п}} = (2 \div 3)C_{\text{р}}. \quad (3)$$

где  $I_{\text{ном}}$  – номинальный ток, А;  $U$  – напряжение питающей сети.

С помощью формул (2) и (3) произведем расчет конденсаторов для моделирования реального электродвигателя марки «4А50В4У3», согласно данным справочника «Электрические машины» М.М. Кацмана [5].

$$C_{\text{р}} = 2800 \frac{0,71}{220} = 9 \text{ мкФ};$$

$$C_0 = 9 \div 18 \text{ мкФ}.$$

В результате моделирования, получены следующие графики изменения скорости и вращающего момента АД (рисунок 3 и рисунок 4 соответственно).

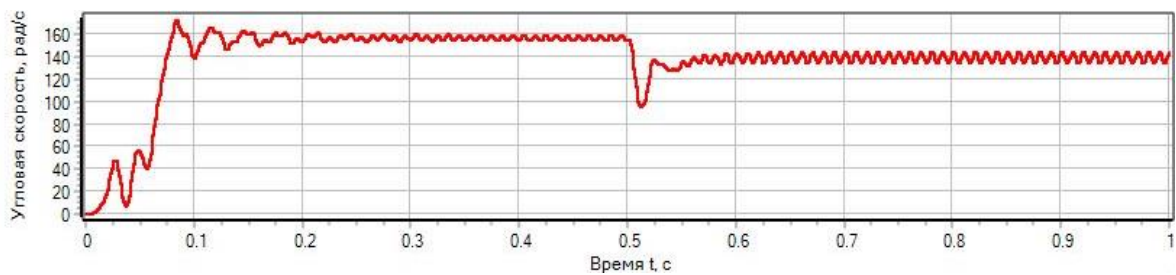


Рисунок 3 – График изменения скорости вращения АД

На рисунке 3 видно, как происходит изменение угловой скорости вала электродвигателя при пуске в момент времени от начала моделирования (0 с.) и до мгновенного увеличения номинального момента нагрузки (0,63 Нм) через 0,5с на вал. Следует отметить, что к установившемуся значению (157 рад/с.) после пуска угловая скорость приходит через 0,2 с. После подключения нагрузки к установившемуся значению (136 рад/с) угловая скорость приходит через 0,1 с.

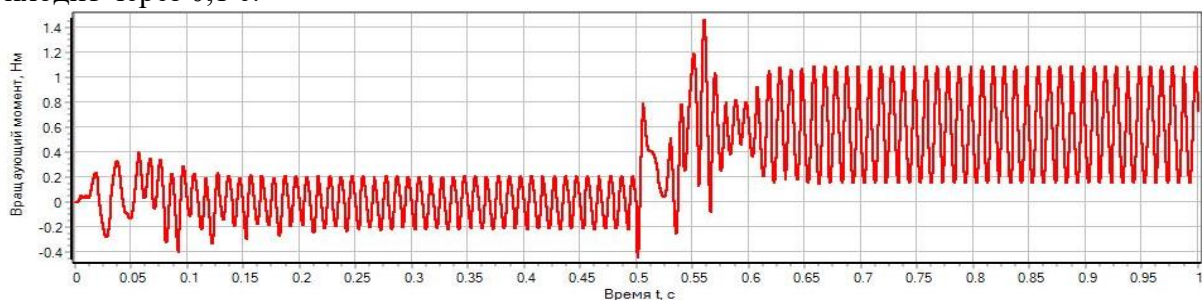


Рисунок 4 – График изменения электромагнитного момента АД

Как видно из рисунка 4, от начала времени моделирования 0 с. и до 0,2 с. пусковой вращающий момент колеблется от -0,4 Нм до 0,4 Нм. При мгновенном увеличении номинального момента нагрузки (0,63 Нм) на валу в момент времени от 0,5 с. и до конца времени моделирования вращающий момент колеблется от 0,18 Нм до 1,08 Нм.

Таким образом, удалось произвести компьютерное имитационное моделирование в среде SimInTech, получить характеристики трехфазного асинхронного электродвигателя при питании от однофазной сети с помощью конденсаторного запуска. Данная среда позволяет с успехом выполнять моделирование электропривода.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алиев И.И. Асинхронные двигатели в однофазном и трехфазном режимах: Учебник / И.И. Алиев. – М.: РадиоСофт, 2004. – 5 с.
2. Стальная М.И., Ерёмочкин С.Ю. Моделирование электромеханических характеристик трехфазного электродвигателя с преобразователем, выполненным по схеме однофазная сеть - трехфазная сеть // Электротехника. 2016. №12. С. 60-63.
3. Куприяшкин А.Г. Основы моделирования систем: Учебное пособие / А.Г. Куприяшкин. – Норильск: Норильский индустр. ин-т., 2015. – 12 с.
4. Торопцов Н.Д. Трехфазный асинхронный двигатель в схеме однофазного включения с конденсатором / М.: Энергопрогресс, 2000. – 23–26 с.
5. Кацман М.М. Электрические машины. Справочник. / М.М. Кацман. – М.: КноРус, 2018. – 219 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОЙ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ПОТРЕБИТЕЛЯ

Иванов Илья Алексеевич, аспирант кафедры «Электропривода и автоматизации  
промышленных установок», e-mail:i.a.ivanov@corp.nstu.ru

Научный руководитель – Котин Денис Алексеевич, к.т.н., доцент, e-mail:d.kotin@corp.nstu.ru  
Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

*Рассмотрены аспекты устойчивой работы системы электрической генерации автономного потребителя. Предложена типовая структура системы электроснабжения автономного потребителя и произведен анализ для определения ключевых узлов ответственных за устойчивую работу все системы в целом. В результате анализа даны рекомендации по расширению зоны устойчивой работы всей системы в целом.*

**Ключевые слова:** Microgrid, устойчивость, DC/DC преобразователь, SMPM, СМПП.

Современные тенденции развития электроэнергетики призывают переходить от централизованных систем электроснабжения потребителя к децентрализованному с использованием локальных источников энергии, т.е. переходит к концепциям: smart-grid, microgrid и децентрализованной генерации электрической энергии. В условиях развития архитектур систем электроснабжения автономного потребителя в рамках вышесказанных тенденций, необходимо рассмотреть вопрос об обеспечении устойчивой работы системы электроснабжения автономного потребителя, у которого отсутствует возможность параллельной работы с общепромышленными сетями, т. е. единственным источником электрической энергии является собственная генерация.

Типовая архитектура системы электроснабжения представляет из себя систему с промежуточной шиной постоянного тока [1]. Данная система состоит из синхронного генератора с постоянными магнитами (СГМП), выпрямителя (AC/DC), стабилизатор напряжения (DC/DC), шины постоянного тока (DC шина), автономного инвертора напряжения (АИН) (DC/AC) и потребителя.

С точки зрения обеспечения надежного и устойчивого электроснабжения потребителя рационально рассматривать перетоки энергии в системе. Так главным узлом с точки зрения перетока энергии можно назвать общую шину постоянного тока, так как на ней формируется суммарное значение энергии, имеющейся в системе, а затем оно преобразуется на АИН и подается на потребителя. Таким образом, для устойчивой работы системы электроснабжения необходимо обеспечить устойчивый режим узлов, которые формируют шину постоянного тока, к ним относятся СГМП, AC/DC и DC/DC преобразователи

Для упрощения описания функционирования системы будем оперировать действующими значениями напряжения и тока.

С учётом выше сказанного была разработана электрическая схема замещения, представленная на рисунке 1.

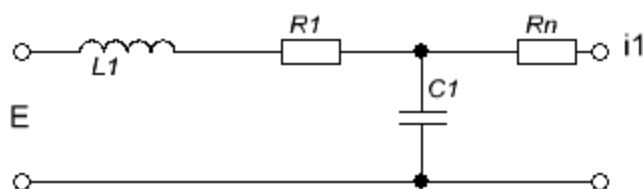


Рисунок 1 – Схема замещения

Согласно схеме, представленной на рисунке 1, было разработана математическое описание:

$$W_1(s) = \frac{I_1(s)}{E(s)} = \frac{1}{-L_1 C_1 R_n s^2 + (L_1 - R_n C_1 R_1) s + (R_1 - R_n)}$$

Для определения границ устойчивости воспользуемся критерием Ляпунова и получаем, что система будет устойчивой при выполнении условия:

$$R_n > \frac{L_1}{C_1 R_1}$$



Анализ проведем на системе представляющий из себя СГПМ 60 кВт, выпрямителем и двунаправленным H-мостовым стабилизатором напряжения 60 кВт и нагрузкой 60 кВт.

В результате анализа, получаем, что устойчивый диапазон работы системы находится в границах от 1 кВт до 39 кВт. Критерия Ляпунова недостаточно чтобы судить об устойчивости системы, поэтому воспользуемся частотным методом, для этого построим ЛАЧХ и ФЧХ, прославленные на рисунке 2.

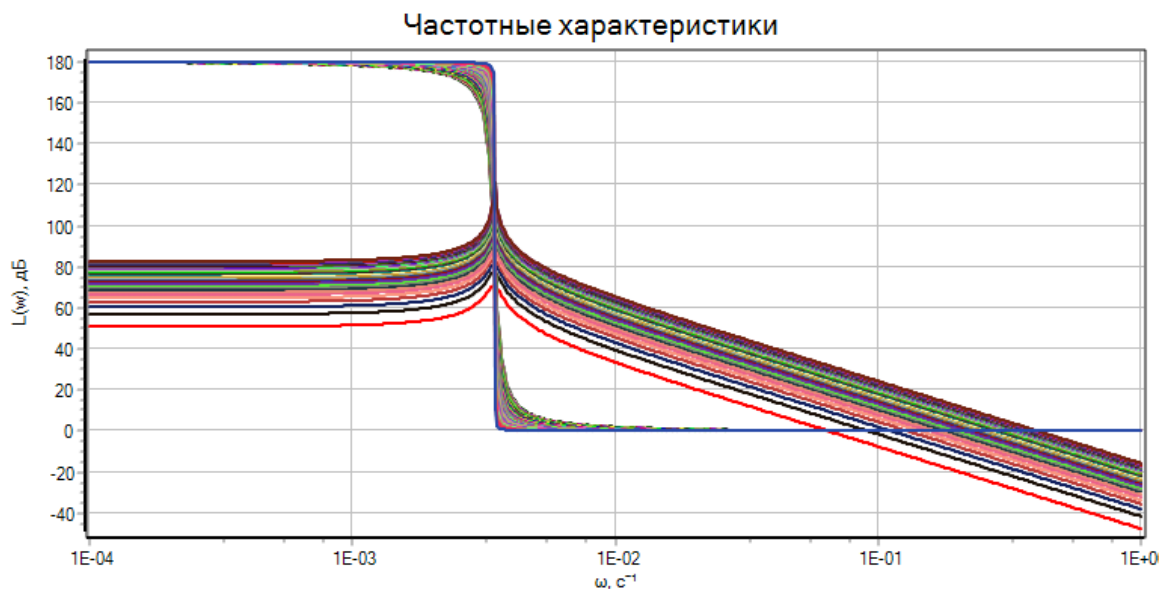


Рисунок 2 – ЛАФЧХ в диапазоне 1 – 39 кВт

Из рисунка 2 видно, что на всем диапазоне рассматриваемой потребляемой мощности система устойчива.

Для обеспечения устойчивости системы в более широком диапазоне предлагается ввести в систему коэффициента коррекции, который был бы пропорционален добавочной ёмкости, необходимой для обеспечения устойчивой работы системы, модифицированная схема замещения представлена на рисунке 3.

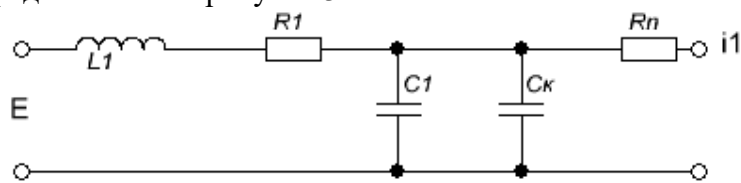


Рисунок 3 – Модифицированная схема замещения

Согласно схеме, представленной на рисунке 4, было разработана математическое описание:

$$W_1(s) = \frac{I_1(s)}{E(s)} = \frac{1}{-(C_1 + C_k)L_1R_n s^2 + (L_1 - R_nR_1(C_1 + C_k))s + (R_1 - R_n)}$$

Для определения границ устойчивости воспользуемся критерием Ляпунова и получаем, что система будет устойчивой при выполнении условий:

$$R_n > \frac{L_1}{(C_1 + C_k)R_1}, \quad C_1 + C_k > 0.$$

Так для нахождения необходимой величины емкости воспользуемся одним из неравенств:

$$C^* \geq \frac{L_1}{R_nR_1}.$$

Воспользовавшись полученным соотношением, определим минимальное значение недостающей ёмкости. И исследуем передаточную функцию на устойчивость методом Ляпунова и частотным методом, рисунок 4.

Согласно критерию Ляпунова, система устойчива в диапазоне 40 – 60 кВт.

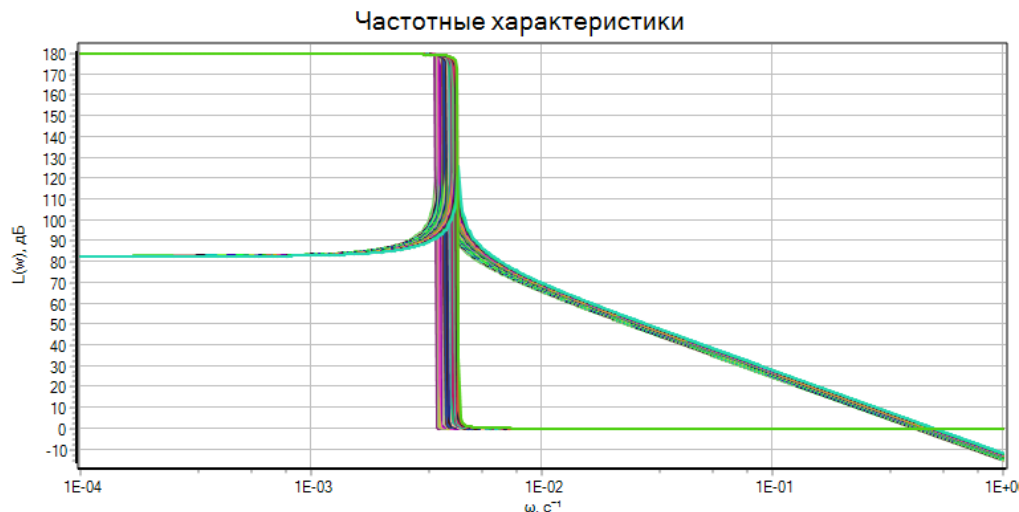


Рисунок 4 – ЛАФЧХ в диапазоне 40 – 60 кВт

Из рисунка 4 видно, что на всем рассматриваемом диапазоне потребляемой мощности система устойчива.

В результате проделанной работы было установлено, что передаточная функция системы может принимать два различных вида, в зависимости от потребляемой мощности, а именно:

$$W_1(s) = \begin{cases} \frac{1}{-L_1 C_1 R_n s^2 + (L_1 - R_n C_1 R_1) s + (R_1 - R_n)}, & \text{при } 0 < P_n \leq 39 \\ \frac{1}{-(C_1 + C_k) L_1 R_n s^2 + (L_1 - R_n R_1 (C_1 + C_k)) s + (R_1 - R_n)}, & \text{при } 40 \leq P_n \leq 60 \end{cases}$$

Так же было определено необходимо дополнительное условия устойчивости системы, а именно, наличие дополнительной ёмкости, определяемой следующим образом:

$$C_k(P_n) = \begin{cases} 0, & \text{при } P_n \leq 39 \\ \Delta \frac{P_n L_1}{U_1^2 R_1}, & \text{при } P_n \geq 40 \end{cases}$$

Таким образом опираясь на выше сказанное, можно сделать вывод, что система генерирования электрической энергии при работе в системе электроснабжения автономного потребителя имеет как устойчивый режим работы, так и неустойчивый, которые обусловлены величиной потребляемой мощности, т. е. с имеющейся конфигурацией системы для устойчивого режима работы, необходимо ограничивать максимальную потребляемую мощность системы, что не всегда возможно, поэтому необходимо разработать ряд мер, направленных на алгоритмическое улучшение работы системы с целью увеличения диапазона рабочей мощности потребителя.

Для этого можно рассмотреть встраивание в существующий алгоритм работы динамического регулятора мощности, который позволит расширить устойчивый диапазон работы генерирующей системы.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. D. A. Kotin and I. A. Ivanov, "Investigation of the Stability and Frequency Properties of a Generating Complex when Operating on an Autonomous Load," Proceedings of the 2021 15th International Scientific-Technical Conference on Actual Problems of Electronic Instrument Engineering, APEIE 2021, pp. 190–195, 2021, doi: 10.1109/APEIE52976.2021.9647494.

## АНАЛИЗ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПРИБОРОВ УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Казаков Николай Михайлович, бакалавр кафедры ЭиАЭП, e-mail:nikazakov2001@gmail.com  
Научный руководитель - Халина Татьяна Михайловна, д.т.н., профессор, e-mail:temf@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Показаны преимущества автоматизированной системы коммерческого учета электроэнергии (АСКУЭ) по сравнению с традиционными способами учета электроэнергии. Приведены характеристики различных счетчиков АСКУЭ и выделены ключевые особенности каждого из них. Проведен их сравнительный анализ. Выполнены испытания в термобарокамере с использованием в качестве источника тепловой энергии электрообогревателей МКЭ-1/1 для обогрева щита учета. Показана эффективность предлагаемого способа обогрева.*

**Ключевые слова:** автоматизированная система коммерческого учета электроэнергии, учет электроэнергии, многоэлектродные композиционные электрообогреватели

Точный и своевременный учет параметров потребляемой электроэнергии - актуальная проблема при решении задач повышения энергоэффективности систем и снижения издержек. Одной из технологий, позволяющих достичь поставленных целей, является АСКУЭ.

Преимущества по сравнению с традиционными способами учета электроэнергии заключаются в точном измерении параметров потребляемой электроэнергии, непрерывном дистанционном автоматическом сборе и передаче информации, а также возможности контроля параметров дистанционно и в реальном времени.

Автоматизация учета электроэнергии стала возможна благодаря появлению и внедрению на рынке электронных счетчиков, имеющих интерфейс для передачи и приема информации от других электронных устройств. Данные счетчики выполняют в АСКУЭ функции сбора и передачи данных.

Анализ основных параметров и особенностей различных марок счетчиков АСКУЭ, представленных на рынке, позволил установить их достоинства, недостатки и конкретизировать области и климатические зоны использования.

Рассмотрим трехфазный счетчик электроэнергии ЦЭ6850М-Ш31. Он обеспечивает измерение и индикацию следующих параметров: среднеквадратических значений фазных напряжений по каждой фазе в цепях напряжения; среднеквадратических значений токов по каждой фазе в цепях тока; коэффициентов активной и реактивной мощности по каждой фазе; полной, активной и реактивной мощности по каждой из фаз и суммарно; углов сдвига фаз между основными гармониками фазных напряжений и токов; частоты сети. Данный счетчик имеет следующие характеристики надежности: средней наработкой на отказ - 160000 часов; межповерочным интервалом - 16 лет; средним сроком службы - 30 лет; гарантийным сроком - 7 лет; обладает защитой от несанкционированного доступа. Область рабочих температур: минус 40...+60 °С. Стоимость - 21160 рублей. Учет электроэнергии производится по 4 тарифам (устанавливаются по времени).

Рассмотрим трехфазный счетчик электрической энергии СЕ307-R34. Данный счетчик, в отличие от предыдущего, способен работать с гораздо большим количеством интерфейсов передачи данных, а именно: PLC G3, RS485, GSM/GPRS, Ethernet, RS485+PLC G3, 2xRS485, RS485+GSM/GPRS, RS485+Ethernet. Он обеспечивает измерение и индикацию следующих параметров: частоты напряжения; фазных токов; фазных напряжений; линейных напряжений; углов между током и напряжением по фазам; коэффициентов мощности по фазам и суммарно; активной, реактивной и полной мощностей по фазам и суммарно. Можно отметить следующие характеристики надежности: среднюю наработку на отказ - 220000 часов; межповерочный интервал - 16 лет; средний срок службы - 30 лет; гарантийный срок - 7 лет. Область рабочих температур: минус 40...+70 °С. Стоимость - 6130 рублей. Данный счетчик, как и предыдущий, производит учет электроэнергии по 4 тарифам (устанавливаются по времени).

Трехфазный счетчик электроэнергии СЕ308-С36 СПОДЭС/DLMS. Обладает следующими каналами связи: радиointерфейсом 2,4 ГГц - предназначенным для связи с устрой-

ством считывания; оптическим интерфейсом, обеспечивающим локальное считывание данных; PLC или GSM/GPRS - предназначенными для работы счетчика в системе АСКУЭ. Он обеспечивает измерение и индикацию токов; напряжений; частоты сети; углов между током и напряжением; коэффициентов мощности; активной, реактивной и полной мощности. Имеет следующие характеристики надежности: средней наработкой на отказ - 220000 часов; межповерочным интервалом - 16 лет; средним сроком службы - 30 лет; гарантийным сроком - 7 лет с даты выпуска. Область рабочих температур: минус 40...+70 °С . Стоимость - 37649 рублей. Данный счетчик, в отличие от 2-х предыдущих, производит учет электрической энергии сразу по 8 тарифам (устанавливаются по времени) и обладает максимальной защитой от несанкционированных действий и хищения электроэнергии.

Вышеперечисленные показатели счетчиков АСКУЭ сведем в таблицу 1.

Таблица 1 – Показатели счетчиков АСКУЭ

№ п/п	Измеряемые параметры	Число тарифов	Область рабочих температур	Базовый (максимальный) ток	Номинальное фазное напряжение/ Рабочее фазное напряжение	Средний срок службы/ средняя наработка на отказ	Стоимость, руб
1	Полная, активная, реактивная мощности по каждой из фаз и суммарно; частоты сети; углы сдвига фазы между основными гармониками фазных напряжений и токов; коэффициенты активной и реактивной мощности по каждой фазе; среднеквадратические значения фазных напряжений и токов по каждой фазе	4	-40...+60 °С	5 (100)	220 В/ (0,2...1,15)U <sub>ном</sub>	30 лет/ 160000 ч.	22160
2	Частоты напряжений; линейные напряжения; фазные токи и напряжения; углы между током и напряжением по фазам; активная мощность по фазам и суммарно; реактивная мощность по фазам и суммарно; полная мощность по фазам и суммарно; коэффициент мощности по фазам и суммарно	4	-40...+70 °С	5 (10); 5 (80); 5 (100)	230 В/ (0,75...1,15)U <sub>ном</sub>	30 лет/ 220000 ч.	6130
3	Мгновенные значения токов и напряжений; частоты сети; углы между током и напряжением; активная и реактивная мощность	8	-40...+70 °С	5(100)	230 В/ (0,6...1,2)U <sub>ном</sub>	30 лет/ 220000 ч.	37649

Все вышеперечисленные счетчики АСКУЭ помимо измерения и индикации параметром электроэнергии так же обеспечивают контроль дополнительных показателей, необходимых для диагностики аварийных ситуаций в сети. Помимо этого, каждый счетчик обладает встроенной памятью, которая обеспечивает долговременное хранение параметров, и, как следствие, позволяет производить анализ по прошествию времени [1].

Использование данных счетчиков при более низких температурах возможно в сочетании с системой обогрева щитов учета. В качестве источника тепла предлагается использовать многоэлектродные композиционные электрообогреватели МКЭ-1/1[2].

Характеристики электрообогревателя МКЭ-1/1: потребляемая мощность - не более 30 Вт; длина - 200 мм, ширина корпуса - 135 мм, толщина корпуса - 10 мм; толщина диэлектрического слоя – 2,8 мм; масса - 0,31 кг; превышение температуры над температурой окружающей среды – 15...50 °С.

Испытания щита учета электроэнергии со счетчиком АСКУЭ ЦЭ6850М, проведенные в барокамере с использованием электрообогревателей МКЭ-1/1 в количестве 3 шт. суммарной мощностью 80 Вт показали, что даже при очень низких температурах (минус 60 °С) температура в любой части щита превышает 0 °С. В случае использования для обогрева щита учета системы с карбоновым проводом 12к такого эффекта не наблюдалось.

Из вышесказанного можно сделать вывод, что счетчики АСКУЭ, представленные на рынке, соответствуют всем требованиям по учету электроэнергии и обладают необходимым функционалом, что позволяет реализовать технологию АСКУЭ на практике, а так же применение счетчиков АСКУЭ в сочетании с электрообогревателями МКЭ-1/1 является перспективным решением для районов с экстремально низкими температурами.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трехфазные многотарифные счетчики электроэнергии [Электронный ресурс]: Энергомера. - Режим доступа: <http://www.energomera.ru/ru/products/meters/multipurpose> (дата обращения: 10.04.2022).

2. Разработка энергоэффективных технологий обогрева и опытных образцов изделий на основе многоэлектродных композиционных электрообогревателей [Текст]: отчет о НИОКР / ООО «ЭнергоЭффектТехнология»; Т. М. Халина ; М. В. Халин, А. Б. Дорош, А. В. Жуйков, и др. – Барнаул, 2012. – 123 с. – № ГР 01201164482.

#### ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ЛИНЕЙНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПОСТПРОЦЕССОРА

Ляпин Никита Юрьевич, бакалавр, e-mail:lnikita154@mail.ru

Научный руководитель - Панкрац Юрий Витальевич, к.т.н., e-mail:pankracz@corp.nstu.ru  
Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

*В данной статье сравниваются алгоритмы линейной интерполяции Брезенхэма для создания постпроцессора фрезерного станка. Результаты работы сравнивались с алгоритмами, полученными в среде ARCAM. Нами было предложено усовершенствование классического алгоритма Брезенхэма для станков с ЧПУ. Результаты усовершенствования алгоритма производились натурным сравнением изделий.*

**Ключевые слова:** алгоритм Брезенхэма, интерполяция, линейная интерполяция, сплайн интерполяция, G-коды, постпроцессор

В вычислительной математике интерполяция – способ нахождения промежуточных значений величины по имеющемуся дискретному набору известных значений [1]. Каждый метод обладает определенным качеством обработки изделий на станке с ЧПУ. Даже благодаря тому, что на практике их большое множество, далеко приемлемыми результатами обладают лишь некоторые из них. К тому же мировые экономические санкции обязывают нас

развивать собственное станкостроение. Результаты работы проверены на физически имеющемся, рабочем, промышленном станке.

Выполняя линейную интерполяцию, постпроцессор будет автоматически вычислять серию всех малых перемещений вдоль одной из линейных осей, создавать координаты для так называемых G – кодов, перемещая инструмент как можно ближе к запрограммированному линейному перемещению.

Управление станком осуществляется при помощи персонального компьютера через отладочную плату управления, которая смонтирована в PCI порт. В качестве программного обеспечения используется *VisualStudio* на языке «Си #» («Си Шарп»).

В алгоритме Брезенхэма [2,3,4] формирование растрового представления произвольного отрезка прямой осуществляется движением вдоль основной оси на один пиксель в зависимости от углового коэффициента. Изменение другой координаты зависит от расстояния между действительным положением отрезка и ближайшими координатами сетки. Для входа в алгоритм требуется задать начальную и конечную координату.

При изучении классического алгоритма Брезенхэма был обнаружен его недостаток для использования в станках с шаговым двигателем без обратной связи по положению – при обеспечении резкого старта перемещения рабочего органа возможно выпадение ротора из синхронизма. Данный недостаток предложено исключить внедрением в алгоритм плавного пуска и торможения.

Для определения запаса устойчивости алгоритмов управления было предложено определить по удаленности амплитудно-фазовой характеристики нашей разомкнутой системы от критической точки  $(-1, j0)$ . Также, по ЛАЧХ и ФЧХ [2] и по данным графикам были определены запасы устойчивости по амплитуде и по фазе.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. [https://portal.tpu.ru/SHARED/m/MBB/uchebnaya\\_rabota/Model/Tab/Interp\\_app.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/m/MBB/uchebnaya_rabota/Model/Tab/Interp_app.pdf)
2. <http://prog-cpp.ru/brezenham/>
3. <https://bsu.by/upload/page/353413.pdf>
4. <https://habr.com/ru/post/185086/>
5. Иванов В.М. Электроприводы с системами числового программного управления//Ульяновск. УЛГТУ 2007.

#### ЦИФРОВАЯ СИСТЕМА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПРОВЕРКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОЙ СРЕДЫ В ТЕХНОЛОГИЯХ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАГРЕВА

Миллер Роман Александрович, студент кафедры ЭиАЭП, e-mail:roman11miller2000@gmail.com  
Научный руководитель - Дорожкин Максим Владимирович, старший преподаватель,  
e-mail:maxmusicd@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Статья посвящена описанию работы цифровой измерительной системы, ориентированной на осуществление предварительной проверки электрических параметров обрабатываемого сырья в электроконтактных технологиях. Представлена блок схема устройства, с описанием назначения отдельных блоков. Приведена шкала возможных состояний электропроводной среды. В графическом и словесном виде описан основной алгоритм работы измерительной системы. Предложена электрическая принципиальная схема модуля управления реле.*

**Ключевые слова:** измерение электропроводности, электроконтактный нагрев, ЭК- технология, микроконтроллер, блок управления реле

Ключевым фактором при использовании любой электроконтактной (ЭК) технологии является наличие электропроводной среды [1, 2]. Кроме этого также важны электрические

параметры самой среды. К группе ЭК относятся методы непосредственного пропускания электрического тока через электропроводную среду [1-4]. Например, в технологии обеззараживания кормовых смесей методом ЭК-нагрева, электропроводность обрабатываемой среды должна находиться в определенном диапазоне значений [2, 3]. Выходы параметра за требуемые границы в ту или иную сторону, значительно снижает эффективность метода обработки, а в некоторых случаях из-за особенностей технологического процесса может являться недопустимым. Во избежание таких ситуаций целесообразно проводить предварительную проверку состояния среды и оборудования перед пуском.

Блок-схема предлагаемого устройства, позволяющего реализовать представленную на рисунке 1 [5]. Центральным звеном измерительной системы является микроконтроллер (МК) служащий как для выполнения операций вычисления значений электропроводности, полученных с измерительного блока (ИБ), отправки сообщений о результате на цифровой дисплей, так и для передачи управляющих сигналов на блок управления реле (БУР), необходимый для подключения и отключения измерительной цепи устройства от электродов диэлектрической камеры (ДК) установки.

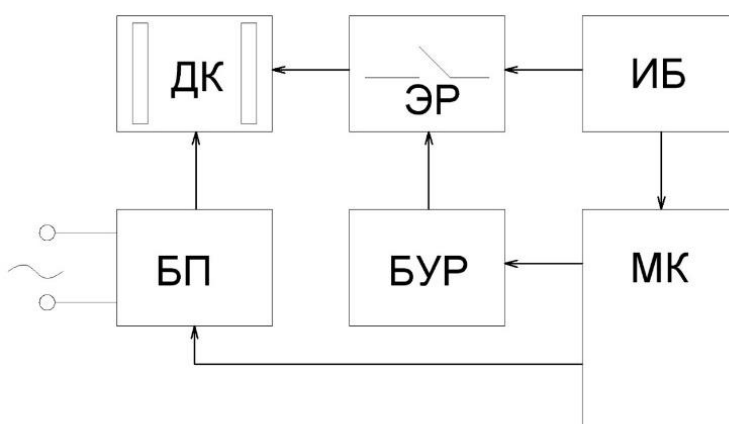


Рисунок 1 – Функциональная блок-схема работы измерительной цепи: ДК – диэлектрическая камера, ЭР - электромагнитное реле, ИБ - измерительный блок, БП- блок питания, БУР – блок управления реле, МК- микроконтроллер

Применительно к описанной ранее технологии обеззараживания, перед началом работы установки нужно проверить состояние кормовой смеси, находящейся в диэлектрической камере между электродами. Для обеспечения нормального режима работы общая электропроводность в межэлектродном пространстве должна находиться, в определенном (допустимом) интервале значений ( $bord1 - bord2$ , рисунок 2) [2, 3].



Рисунок 2 – Порядок распределения ключевых точек значения электропроводности

Перечислим все возможные варианты (рисунок 2): нормальная среда – электропроводность в допустимом интервале ( $bord1 - bord2$ ); замыкание электродов – при критически большой электропроводности (больше  $crit\_max$ ); отсутствие рабочей среды - при электропроводности близкой к нулю (меньше  $crit\_min$ ); сухая среда – заниженное значение электропроводности ( $crit\_min - bord1$ ); избыточно влажная среда – завышенный уровень электропроводности ( $bord2 - crit\_max$ ).

Алгоритм работы предлагаемого устройства представлен на рисунке 3. На этапе инициализации происходит приведение в готовность аналоговых (А0) и цифровых (D5) портов микроконтроллера, а также настройка требуемых для работы параметров, включая объявление переменных (*data*, *flagEC*, *mess*), а также набора констант (*crit\_min*, *crit\_max*, *bord1*, *bord2*).

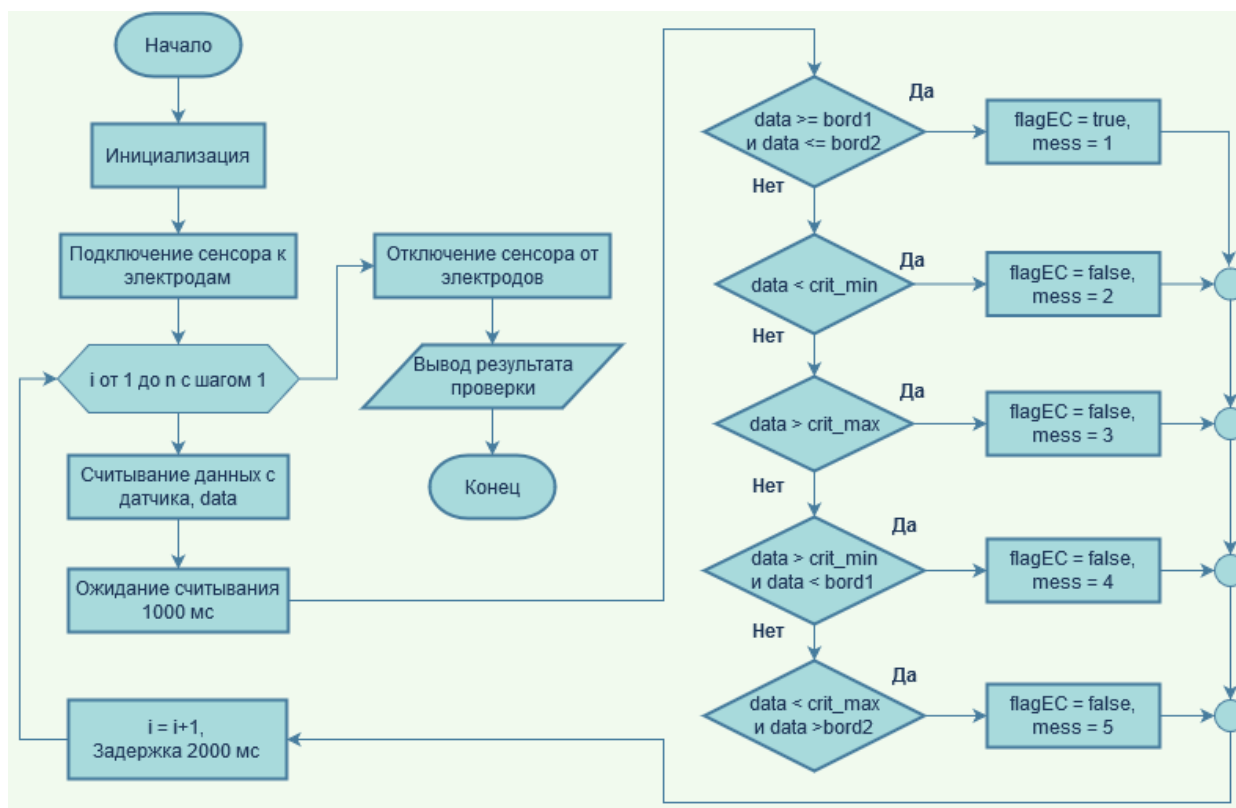


Рисунок 3 – Алгоритм работы системы определения электрических параметров среды

Подключение сенсора к электродам осуществляется за счет инвертирования логического уровня на цифровом выводе микроконтроллера (D5) подключенного на вход блока управления реле (рисунок 4), в результате чего через открытый транзистор VT1 происходит питание реле KM1, которое в свою очередь замыкает группу контактов, коммутирующих электроды диэлектрической камеры (ДК) с измерительным блоком (ИБ) [5].

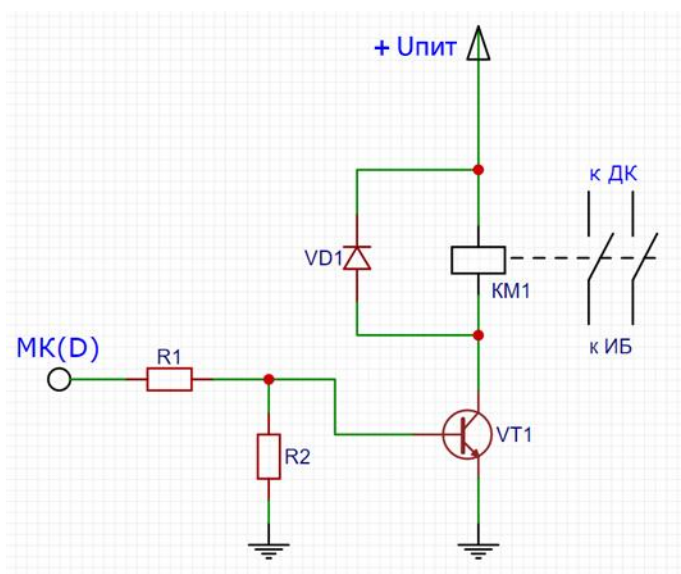


Рисунок 4 – Электрическая принципиальная схема блока управления реле



После замыкания контактов реле КМ1 через измерительный блок происходит считывание данных с сенсора. Состояние аналогового входа (А0) считывается микроконтроллером и данные передаются в переменную data.

Процесс считывания данных требует некоторого времени, для этого в цикле основной программы предусмотрена задержка в 1с, после которой работа программы возобновляется.

Дальше идет проверка по ряду условий. Значение, записанное в параметр data последовательно сравнивается с набором констант, косвенно определяющих состояние среды. Данная проверка предусматривает все описанные ранее варианты значения электропроводности. При этом совпадение по любому из условий, автоматически исключает дальнейшую проверку. Если в результате проверки значение из data входит в допустимый интервал (bord1, bord2), то булева переменная flagEC получает значение true, что свидетельствует об успешно пройденной проверке. Во всех остальных случаях переменная flagEC получает значение false, и дальнейшая работа установки, до устранения ошибки, становится невозможной.

После первой проверки, для исключения фактора случайности, через некоторое время производится повторная проверка, которая включает все те же этапы первой проверки, начиная со считывания данных с сенсора (перезаписи data), заканчивая переключением переменной flagEC в true или false.

После финальной проверки, происходит отключение сенсора от измерительного блока. Для этого на выходе D5 выставляется низкий логический уровень в результате чего контакты реле КМ1 размыкаются, и измерительная цепь отключается от электродов ДК.

Определенное состояние электропроводной среды выводится на дисплей, и если после проверок переменная flagEC получила значение true, то в управляющем устройстве формируется команда на разрешение работы, в противном случае - на запрет.

Особенностью представленной системы является отсутствие дополнительных измерительных электродов, необходимых для такого рода операций, а в качестве ячейки первичного измерительного преобразователя используются энергоподводящие электроды ДК. Данное решение с некоторыми модификациями может быть применено к другим подобным электро-технологиям, где в процессе выполнения основной операции требуется контроль электрических параметров обрабатываемого сырья.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рекус Г.Г. Электрооборудование производств: Справочное пособие [Текст] / Г.Г. Рекус - Высшая школа, 2007.
2. Халина Т.М., Халин М.В., Дорожкин М.В. Определение активной мощности для электроконтактной технологии обеззараживания кормовых смесей// Вестник АГАУ. - 2020. - №8(190). – С. 119-123. URL: <http://www.asau.ru/vestnik/2020/8/119-123.pdf>
3. Дорожкин М.В., ОБЕЗЗАРАЖИВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ КОРМОВ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНЫМ СПОСОБОМ / Дорожкин М.В., Халина Т.М., Халин М.В. // XVII Международная научно-практическая интернет-конференция « Энерго- и ресурсосбережение - XXI век» 2 декабря по 4 декабря 2019 г. Орёл, / Секция № 5. Энерго- и ресурсосбережение в агропромышленном комплексе. 8 с. [Электронный ресурс]. – Электрон.дан. – М., [2019]. – URL: [http://oreluniver.ru/public/file/science/confs/2019/ee/publ/%D1%81\\_5\\_Khalina\\_T\\_M.docx](http://oreluniver.ru/public/file/science/confs/2019/ee/publ/%D1%81_5_Khalina_T_M.docx).
4. Киреева Э.А. Полный справочник по электрооборудованию и электротехнике [Текст] / Э.А. Киреева, С.Н. Шерстне; Под общ. ред. С.Н. Шерстнева - КНОРУС, 2013.
5. Гаев Г.П., Электротехника и электроника. Учебник для вузов. – в 3-х кн. Кн.3. Электрические измерения и основы электроники [Текст] / Г.П. Гаев, В.Г. Герасимов, О.М. Князьков и др.; Под ред. проф. В.Г. Герасимова - Энергоатомиздат, 1998.

## СИНТЕЗ РЕГУЛЯТОРА СКОРОСТИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Минигалиев Николай Эмирович, магистр, e-mail: minigaliev.nikolai@mail.ru  
 Научный руководитель - Панкрац Юрий Витальевич, к.т.н., доцент,  
 e-mail: pankracz@corp.nstu.ru

Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

*В данной статье рассматривается применение алгоритма регулирования скорости полета беспилотного летательного аппарата (БПЛА). В автоматическом полете регулирование скорости БПЛА осуществляется бортовым компьютером – системой автоматического управления (САУ).*

**Ключевые слова:** беспилотный летательный аппарат, регулирование скорости полета, синтез регулятора скорости, модифицированный модальный метод.

Беспилотные летательные аппараты имеют непрерывное развитие сегодня. С каждым днем им открываются новые области применения. Они играют важную роль в народном хозяйстве, нефтегазовой промышленности, транспорте и прочее.

Для повышения точности полетов необходимо уметь парировать различные возмущающие воздействия, силу ветра, различную плотность воздуха (воздушные ямы), воздействие осадков и т.д. Определенные вопросы решались в [1, 2, 3], однако в этих работах упор делается на беспилотные летательные аппараты мультироторного типа, а не «летающее крыло».

На рисунке 1 изображена исходная модель БПЛА типа «летающее крыло».

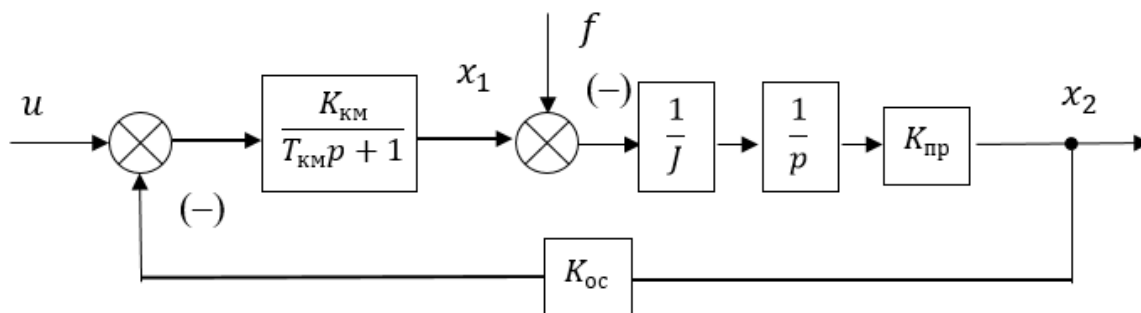


Рисунок 1. Модель беспилотного летательного аппарата типа «летающее крыло»

На данном рисунке имеют место следующие блоки: апериодическое звено - контур момента, где  $K_{км}$  – коэффициент передачи контура момента,  $T_{км}$  – постоянная времени контура момента,  $J$  – суммарный приведенный момент инерции двигателя и БПЛА,  $k_{пр}$  – коэффициент приведения к линейной скорости БПЛА,  $k_{ос}$  – коэффициент обратной связи по скорости,  $1/p$  – оператор Лапласа.

Представим математическое описание объекта управления, заданное структурной схемой, в виде операторных уравнений:

$$\begin{cases} x_1(p) = \frac{K_{км}}{T_{км}p + 1} (u(p) - K_{ос}x_2(p)) \\ x_2(p) = \frac{K_{пр}}{Jp} (x_1(p) - f(p)) \end{cases}$$

$$\begin{cases} (T_{км}p + 1)x_1(p) = (u(p) - K_{ос}x_2(p))K_{км} \\ Jpx_2(p) = (x_1(p) - f(p))K_{пр} \end{cases}$$

$$\begin{cases} px_1(p) = \frac{u(p)K_{\text{KM}}}{T_{\text{KM}}} - \frac{K_{\text{OC}}K_{\text{KM}}x_2(p)}{T_{\text{KM}}} - \frac{x_1(p)}{T_{\text{KM}}} \\ px_2(p) = \frac{K_{\text{PP}}x_1(p)}{J} - \frac{K_{\text{PP}}f(p)}{J} \end{cases}$$

Синтезированная система модифицированным модальным методом показана на рисунке 2.

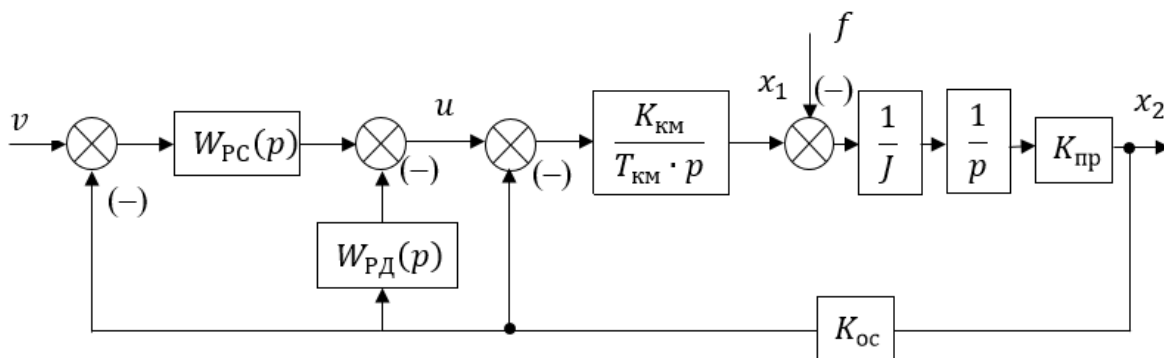


Рисунок 2 - Структурная схема замкнутой системы с модифицированным модальным управлением,  $W_{\text{PC}}$  – регулятор статика,  $W_{\text{PD}}$  – регулятор динамики

Качество регулирования скорости оценивалось математическим моделированием. Результаты моделирование показали работоспособности системы автоматического регулирования скорости. Система автоматического управления свела к минимуму статическую и динамическую ошибку.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Система контроля скорости беспилотного транспортного средства / Д.С. Мудрик, С.С. Осеков. УДК 62-527.7 Политехнический молодежный журнал. 2017 №2
2. Mohamed Elajrami, Zouaoui Satla, Kouider Bendine. Drone Control Using the coupling of the PID Controller And Genetic Algorithm. Electrical Engineering in Transpor.Laboratory of Mechanical Structures and Solids, University DjillaliLiabes of Sidi Bel Abbes, Sidi Bel Abbes, Algeria.
- 3.SZABOLCSI R. Optimal PID controller-based autopilot design and system modelling for small unmanned aerial vehicle. Review of the Air Force Academy [online]. 2018, 3(38), p. 43-58. ISSN 1842-9238. Available from: <https://doi.org/10.19062/1842-9238.2018.16.3.6>

#### КОНТРОЛЬ РЕЖИМОВ РАБОТЫ РЕВЕРСИВНОГО ТИРИСТОРНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Овсеян ВаникАлександрович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:ovseryanvanik@yandex.ru

Научный руководитель - Стальная Мая Ивановна, к.т.н., профессор e-mail:temf@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены способы применения отдельной встречно-параллельной схемы управления реверсивным тиристорным выпрямителем в электроприводе постоянного тока и вопросы, связанные с возникновением аварийных токов (короткого замыкания) при ошибочном отпирании обеих групп вентилях. Приведена принципиальная электрическая схема существующего датчика проводимости вентилях, обеспечивающего контроль режимов работы реверсивного тиристорного выпрямителя, выявлены его основные недостатки, а также необходимость в разработке нового устройства, осуществляющего те же функции.*

**Ключевые слова:** электрический привод, реверсивный тиристорный выпрямитель, двигатель постоянного тока, датчик проводимости вентиля, логическое переключающее устройство.

Зачастую, при использовании электрического привода (ЭП) сталкиваются с необходимостью преобразования параметров электрической энергии. Для выполнения этой задачи на современном этапе развития электротехники применяют тиристорные коммутаторы, позволяющие устранить недостатки механической контактной схемы (задержки в переключении, дуговые разряды и др.) и обладающие высоким быстродействием, что придает тиристорным устройствам возможность осуществления безударного пуска, реверса, регулирования частоты вращения, динамического торможения электрических двигателей и др. [2].

Так, использование тиристорных выпрямителей позволяет преобразовывать переменное однофазное и трехфазное напряжение в пульсирующее напряжение. Это свойство применяется для питания двигателей постоянного тока (ДПТ) от сетей переменного напряжения, широкое применение которых обусловлено лучшими регулировочными свойствами в сравнении с другими типами электрических двигателей. Кроме того, применение тиристорных выпрямителей позволяет осуществлять реверс электродвигателей, в частности, ДПТ, что, например, может использоваться в электроприводе крановых механизмов.

Существует множество схем реализации реверса ДПТ на основе реверсивных тиристорных выпрямителей. Однако для электроприводов, в которых требуется максимальное быстродействие, применяется схема с двумя группами вентилях (двухкомплектный реверсивный преобразователь), изменяющих направление тока в цепи якоря двигателя (рисунок 1) [3].

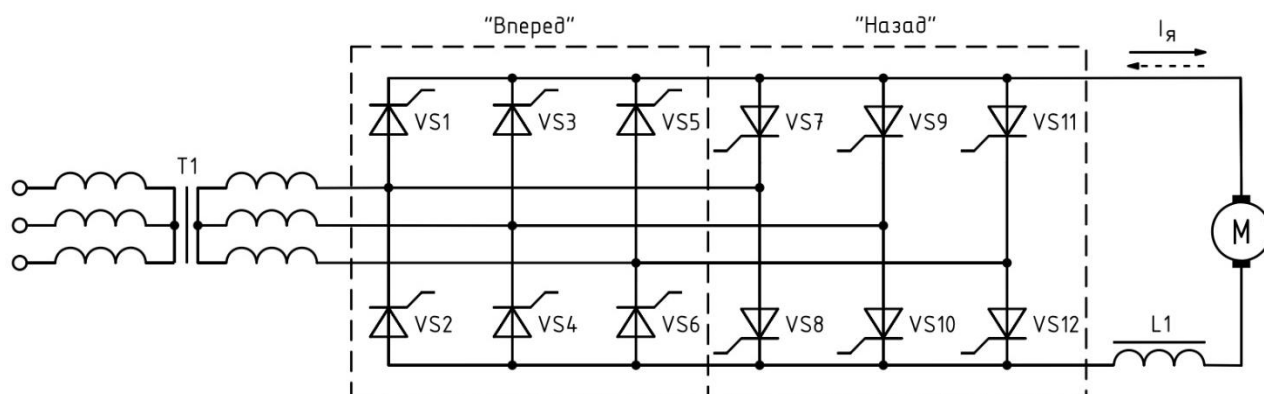


Рисунок 10 - Реверсивный тиристорный выпрямитель встречно-параллельной схемы

Использование отдельной схемы управления группами тиристоров является более выгодным, так как при совместном управлении возникают уравнительные токи, которые необходимо учитывать, а также использовать дополнительные средства для их устранения (установка токоограничивающих реакторов в цепи вентилях групп). При использовании отдельной схемы управления включается лишь сглаживающий реактор в цепь якоря двигателя для сглаживания пульсаций выпрямленного тока с целью уменьшения негативных влияний от пульсаций тока (пульсация магнитного потока, вибрация, ухудшение коммутации и др.). Уменьшение пульсаций выпрямленного тока достигается также за счет использования многофазных схем тиристорных выпрямителей. Наряду с преимуществом отдельной схемы управления в сравнении с совместной она имеет заметный недостаток, обусловленный возникновением больших аварийных токов при одновременном отпирании двух групп вентилях, что может привести к выходу из строя тиристоров.

С целью предотвращения аварийных ситуаций при отдельном управлении группами тиристоров импульсы системы фазового управления (СИФУ) для их отпирания подаются при помощи логического переключающего устройства (ЛПУ), которое осуществляет запрет

подачи отпирающих импульсов на одну из групп вентилях в том случае, когда другая группа находится в открытом состоянии и проводит ток.

Для формирования сигнала о запертом состоянии группы вентилях используются различные устройства, одним из которых является датчик проводимости вентилях (ДПВ) [1], изображенный на рисунке 2 и включающий в себя резисторы  $R1-R5$ , диодные мосты  $VD1-VD3$ , оптроны  $VU1-VU3$  и биполярные транзисторы  $VT1$  и  $VT2$  с проводимостью типа  $n - p - n$ .

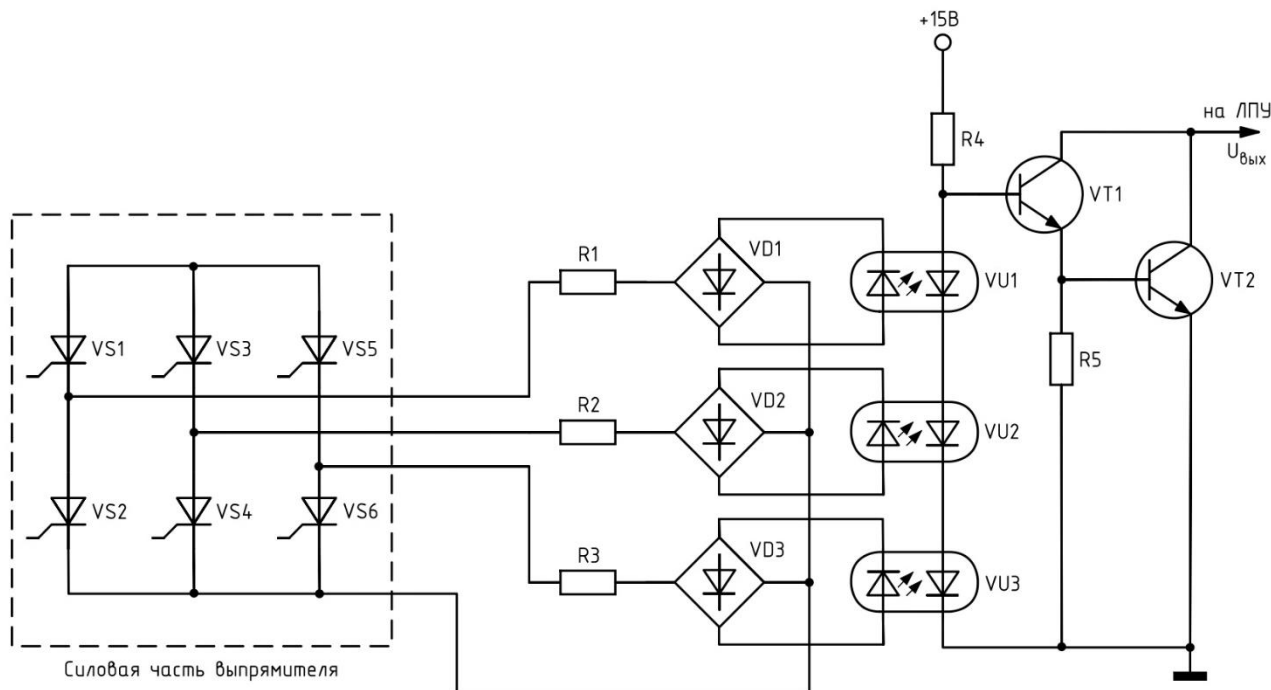


Рисунок 11 - Датчик проводимости вентилях

При отсутствии тока через группу вентилях (силовая часть выпрямителя), на выходе датчика появляется сигнал выходного напряжения  $U_{\text{вых}}$  («логическая 1»), поступающий на ЛПУ и информирующий о запертом состоянии всех тиристоров в данной вентиляльной группе, что позволяет СИФУ подать отпирающие импульсы на вторую группу вентилях и осуществить реверс электропривода постоянного тока.

Однако данная система контроля проводимости вентилях включает в себя большое количество элементов, что усложняет ее устройство, а также уменьшает надежность вследствие большой вероятности выхода из строя какого-либо элемента и всего датчика в целом.

Исходя из всего вышеизложенного, можно заключить, что раздельное управление группами вентилях реверсивного тиристорного преобразователя предъявляет высокие требования к надежности устройств для блокирования управляющих импульсов, так как сбой в работе данных устройств и появление отпирающих импульсов на нерабочей группе вентилях при еще работающей второй группе приводит к внутреннему короткому замыканию в выпрямителе, что может привести к выходу из строя тиристорного преобразователя [3]. Поэтому актуальным является вопрос о создании более надежного устройства на современной элементной базе, позволяющего контролировать режим работы реверсивного тиристорного выпрямителя и обеспечивающего необходимый уровень быстродействия в работе реверсивного электропривода с целью повышения производительности труда.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Исследование характеристик реверсивного тиристорного преобразователя : метод. руководство по курсу «Элементы систем автоматики» для студентов специальности ЭАГП / Б.В. Васильев, Е.В. Аристов, Р.А. Хузин; Пермский гос. техн. ун-т. – Пермь, 2006. – 20 с.

2. Силовые преобразователи в электроснабжении: учебн. пособие / Б.В. Лукутин, С.Г. Обухов; изд-во Томского политехнического ун-та. – Томск, 2013. – 154 с.
3. Справочник по проектированию автоматизированного электропривода и систем управления технологическими процессами / под ред. В.И. Круповича, Ю.Г. Барыбина, М.Л. Самовера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоиздат, 1982. – 416 с.: ил.

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТАТИЧЕСКОГО ВИХРЕВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ С НЕПОДВИЖНЫМИ ОБМОТКАМИ

Парфёнов Михаил Андреевич, магистрант кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: mikle-1910@mail.ru

Научный руководитель - Федянин Виктор Яковлевич, д.т.н., профессор кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: fedyanin054@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Приведены результаты экспериментальных исследований зависимости коэффициента трансформации опытного образца статического токовихревого преобразователя от частоты входного сигнала. Определен рабочий диапазон работы преобразователя.*

**Ключевые слова:** преобразователь, коэффициент трансформации, частота, амплитуда, входной сигнал.

Магнитоэлектрический преобразователь физически представляет собой две катушки с отсутствующей гальванической связью - L1 и L2. Обмотка L1 состоит из стального провода, вокруг которого намотана медная проволока. Обмотка L2 намотана на цилиндрический каркас. Вокруг каркаса и обмотки L2 намотана обмотка L1. Обмотки располагаются перпендикулярно друг другу. Схематическое расположение катушек в магнитоэлектрическом преобразователе представлено на рисунке 1

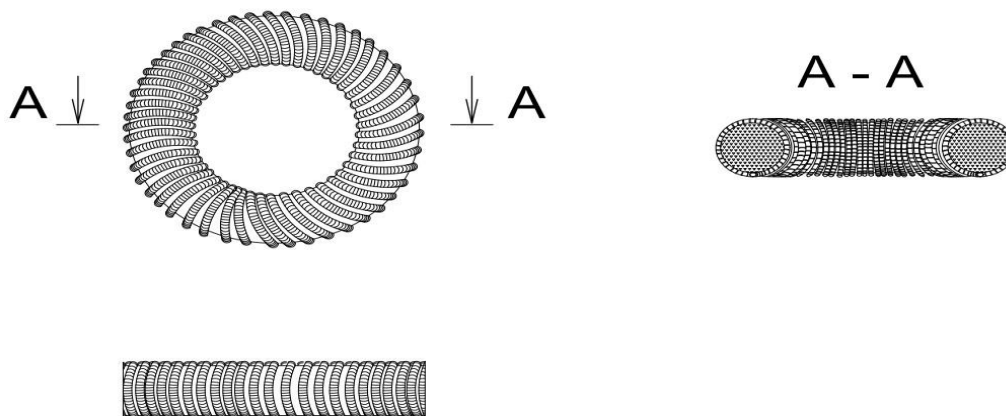


Рисунок 1 – расположение катушек в магнитоэлектрическом преобразователе

По конструкции образец похож на тороидальный трансформатор [1], но основным преимуществом исследуемого преобразователя является отсутствие массивного сердечника, а также имеет ещё один параметр, который представляет количество витков сердечника. За счет чего значительно уменьшаются габариты устройства.

Работа данного преобразователя основана на принципе электромагнитного поля и явления электромагнитной индукции.

По способу управления данный преобразователь относится к классу неуправляемых преобразователей.

По характеру выполняемых операций преобразователи относятся к устройствам:  
- инвертирования в один этап;

- модификации вида и уровня сигнала.

Опытный образец имеет следующие характеристики:

- Вторичная обмотка (внутренняя, диаметр сечения 0.13мм, 1000 витков 130Ом);
- Первичная обмотка (внешняя, диаметр сечения 0.4 мм, 794 витка, 3.2 Ом);
- Витков сердечника 51.

Данный преобразователь был протестирован на стенде при входном напряжении 10 вольт, частотах от 1Гц до 100кГц и форме сигнала в виде синусоиды.

При испытаниях на стенде был выявлен ряд наблюдений, позволяющих дать некоторую характеристику данному преобразователю.

- На частотах ниже 3700 Гц выходной сигнал отсутствует.
- По достижению частоты в 9700Гц опытный образец имеет коэффициент трансформации  $>1$ , поэтому его можно отнести к типу повышающих преобразователей напряжения.
- По достижению частоты входного сигнала в 63500 Гц, преобразователь на выходе имеет четко выраженный сигнал в виде синусоиды без искажений.
- При достижении частоты в 78,5 кГц выходное напряжения превышало максимально допустимый предел измерения прибора в 250 Вольт, поэтому было принято решение снизить амплитуду входного сигнала до 2,7 вольта.
- Коэффициент трансформации нелинейно зависим от частоты входного сигнала.



Рисунок 2 – График зависимости коэффициента трансформации от частоты входного сигнала

По результатам опыта можно сделать вывод, о том, что при работе преобразователя с формой входящего сигнала в виде синусоиды коэффициент трансформации имеет форму асимптоты и может описываться уравнением:

$$K = \frac{U_1}{U_2} = \frac{f(f_{вх}, N_p, N_1, N_2)}{f_{вх}},$$

где  $U_1$  – напряжение на первичной обмотке;  $U_2$  – напряжение на вторичной обмотке;  $f_{вх}$  – частота входного сигнала;  $N_1$  – число витков на стальном проводе;  $N_p$  – число витков стального провода;  $N_2$  – число витков вторичной катушки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи [Текст]: Учебник для студентов электротехнических, энергетических и приборостроительных специальностей вузов.–7-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. школа, 2008. – 528 с.
2. Тамм И.Е. Основы теории электричества: Учеб. пособие для вузов.- 11-е изд.испр. и доп. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 616 с. - ISBN 5-9221-0313-х.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ДПТ – ТИРИСТОРНЫЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ

Полевщиков Артём Леонидович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:polevshikov\_a@mail.ru

Научный руководитель – Дорош Александр Борисович, к.т.н., старший преподаватель,  
e-mail:aldorosh@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г.Барнаул, Россия

*Регулирование режимов работы и скорости вращения ДПТ зависит от того, в каком электроприводе он задействован. Существуют механизмы, в которых изменение скорости движения рабочего вала не требуется, в связи с наличием постоянной нагрузкой и характером выполняемой работы. Однако, в то же время, большое количество электроприводов выполняют сложные виды работ, такие как фрезеровка и точение на станках с ЧПУ, создание необходимого давления в насосных системах с часто изменяемыми параметрами, для чего требуется изменение режимов работы электропривода.*

**Ключевые слова:** ДПТ, тиристорный преобразователь, режимы работы ДПТ, изменение скорости вращения.

Принимая во внимание уравнения электромеханической характеристики движения двигателя постоянного тока, можно сказать, что существует три основных способа регулирования его скорости движения:

- 1) регулирование за счет изменения добавочного сопротивления в цепи якоря двигателя;
- 2) регулирование за счет увеличения или уменьшения потока возбуждения  $\Phi$  двигателя, создаваемого магнитными полюсами на статоре;
- 3) регулирование за счет изменения подаваемого на обмотку якоря двигателя напряжения  $U_{питания}$  [1].

Так как при первом способе сильно изменяется жесткость его характеристик  $v$ , то при изменении скорости механизма электропривода менее половины от его номинальной скорости работа электропривода переходит в нестабильный режим. В следствии, чего диапазон такого изменения режима работы весьма ограничен ( $D= 2 - 3$ ) [1].

Недостатками данного способа регулирования является присутствие активных потерь мощности на добавочном сопротивлении реостата, связанных с изменением скорости вращения ДПТ. К достоинствам такой системы можно приписать его простоту реализации на практике и надежности схем управления, исключаящих частые поломки.

Во втором методе регулирования, при увеличении, либо же уменьшении скорости путём ослабления, или усилении потока магнитной индукции, мощность, развиваемая электроприводом равна константе, а его момент на валу двигателя изменяется по гиперболе в следствии закона движения электропривода. Диапазон скорости вращения ДПТ при данном методе так же сильно ограничен ( $D = 2 - 4$ ) [1].

Обмотки возбуждения в полюсах ДПТ имеют большую индуктивность, поэтому при изменении сопротивления реостата, находящегося в цепи обмоток возбуждения, ступенчато ток, а, вследствие, и магнитный поток, создаваемый ими, будут изменяться по экспоненте. Из-за чего данный метод регулирования обеспечивает изменение скорости механизма плавно.



Главными плюсами подобного способа являются его достаточная простота и крайне высокая экономичность использования и реализации.

Так же нужно сказать, что данный способ используется в приводах в качестве дополнительного, а не основного, обеспечивая поддержание существующего режима работы при изменении нагрузки, но, не изменяя его полностью.

Скорость вращения ДПТ в третьем способе в независимости от прилагаемой нагрузки к валу ДПТ изменяется согласно подводимому к цепи якоря напряжению, следуя закону движения электропривода ДПТ, то есть при увеличении подводимого напряжения увеличивается так же и скорость и наоборот. Регулировочные характеристики данного метода представляются жесткими, степень которых для всех характеристик не изменяется от факта регулирования, поэтому стабильность такой системы двигателя крайне высокая и, к тому же, ещё одним важным фактором является то, что в данном методе обеспечивается широкий диапазон регулирования скорости независимо от прилагаемой нагрузки на валу ДПТ. Он может достигать значений равных 10 [1], а также быть увеличен за счет использования специальных схем управления, изменения подводимого напряжения к обмоткам якоря.

Повышение скорости ограничивается максимальным выдаваемым напряжением источника питания и  $U$ ном двигателя, которое не следует превышать во избежание снижения надежности электродвигателя и срока его службы. Такой способ изменения скорости самый экономичный, за счет того, что регулирование режима работы ДПТ сопровождается отсутствием потерь активной мощности в обмотках цепи якоря. Учитывая преимущества и недостатки первого и второго метода, а также обратив внимание на третий метод, можно сказать, что данный способ регулирования по сравнению наилучший [1].

В связи с вышеупомянутыми плюсами и минусами всех трех способов регулирования режимов работы ДПТ, наиболее удачным является изменение напряжения питания, недостатки которого зависят от используемой схемы управления. Иными словами, можно сказать, что исследование данного метода является наиболее перспективной задачей.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Регулирование скорости двигателей постоянного тока: [Электронный ресурс] // Школа для электрика. URL: <http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/706-regulirovanie-skorosti-dvigateljj.html>. (Дата обращения: 09.04.2022)

### АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПАРОВЫХ КОТЛОВ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ ВИХРЕВУЮ ТЕХНОЛОГИЮ СЖИГАНИЯ РАСТИТЕЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Попов Дмитрий Олегович, магистрант кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: [rebeelsc@gmail.com](mailto:rebeelsc@gmail.com)

Научный руководитель – Стальная Мая Ивановна, к.т.н., профессор, e-mail: [eiaer@bk.ru](mailto:eiaer@bk.ru)  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены основные типы электроприводов, используемых в паровых котлах с вихревой топкой, работающих на растительном топливе. Приведены основные требования к электроприводам каждой категории. Рассмотрены преимущества использования преобразователей частоты для центробежных и приводов системы золоудаления, а также представлен пример построения распределенной системы управления котельной с использованием частотных преобразователей и контроллеров ПЛК.*

**Ключевые слова:** частотные преобразователи, Индустрия 4.0, котельные, вихревая топка, распределенная система управления.

Современные паровые котельные, работающие на растительном топливе и использующие вихревую технологию сжигания (вихревая топка) имеют в своем составе большое число механизмов, которые приводятся в движение с помощью электрического привода. В зави-

симости от типа механизма ему могут предъявляться различные требования (регулируемость, реверс, обратная связь, перегрузочная способность).

Для определенности берется представитель рассматриваемого типа котлов – Е-10-1,4 ОИ (Е – естественная циркуляция, 10 т/час – паропроизводительность, 1,4 МПа – абсолютное давление насыщенного пара, ОИ – отходы измельченные), тогда привода, входящие в его состав, можно распределить по следующим категориям [1]:

- приводы топливоподачи;
- дутьевые;
- система золоудаления;
- вспомогательные электроприводы;
- электроприводы запорной арматуры.

Так, привода топливоподачи и золоудаления (конвейеры, дозаторы) работают в тяжелом режиме, также необходим реверс и возможность регулирования скорости. Двигатели вентиляторов и дымососа работают в легком-среднем режиме, им также необходимо регулирование скорости и обратная связь. Вспомогательным электроприводам (вибраторы, устройства шурования, импульсные клапаны, пневмогенераторы) не требуется регулирование, работа зачастую осуществляется в кратковременном или повторно-кратковременном режиме. Двигатели запорной арматуры управляются либо дискретными сигналами, либо аналоговыми (4-20 мА, 2-10В), электроприводы арматуры поставляются комплектно и в их конструкцию уже встроены датчик положения, концевые выключатели и управляющий преобразователь 4-20мА для задания угла открытия.

Как известно, до 80% всей потребляемой мощности в котлах такого типа уходит на дутьевые электроприводы и электроприводы системы золоудаления. Для управления вышеперечисленными категориями потребителей используют частотные преобразователи, что позволяет добиться впечатляющих преимуществ, а именно:

- улучшения энергетических показателей котельной установки в целом;
- возможность построения системы автоматизированного управления и диспетчеризации;
- уменьшение потребления электроэнергии двигателями центробежных механизмов и оптимизация режима работы двигателей конвейеров;
- увеличение срока службы механизмов, так как их ввод в работу осуществляется плавно;
- увеличение срока службы контактно-коммутационной аппаратуры (отсутствие бросков тока при пуске);
- уменьшение потребляемой реактивной мощности из сети (экономия на установках компенсации реактивной мощности);
- упрощение системы управления в целом, что соответственно повышает ее надежность.

Но, при использовании преобразователей частоты возникают и проблемы, а именно - помехи (кондуктивные и излучаемые в окружающую среду), которые он излучает в питающую сеть, могут влиять на промышленные сети связи, каналы измерения и работоспособность аппаратуры в целом. Для того, чтобы нивелировать перечисленные трудности следует применять экранированные выходные проводники и пользоваться входными фильтрами.

Так, при автоматизации новой котельной Барнаульского элеватора, в которой установлен котел типа Е-10-1,4 ОИ использовались частотные преобразователи. Благодаря совместному использованию с программируемыми логическими контроллерами (ПЛК), была построена распределенная система управления, с единым диспетчерским центром (SCADA-система).

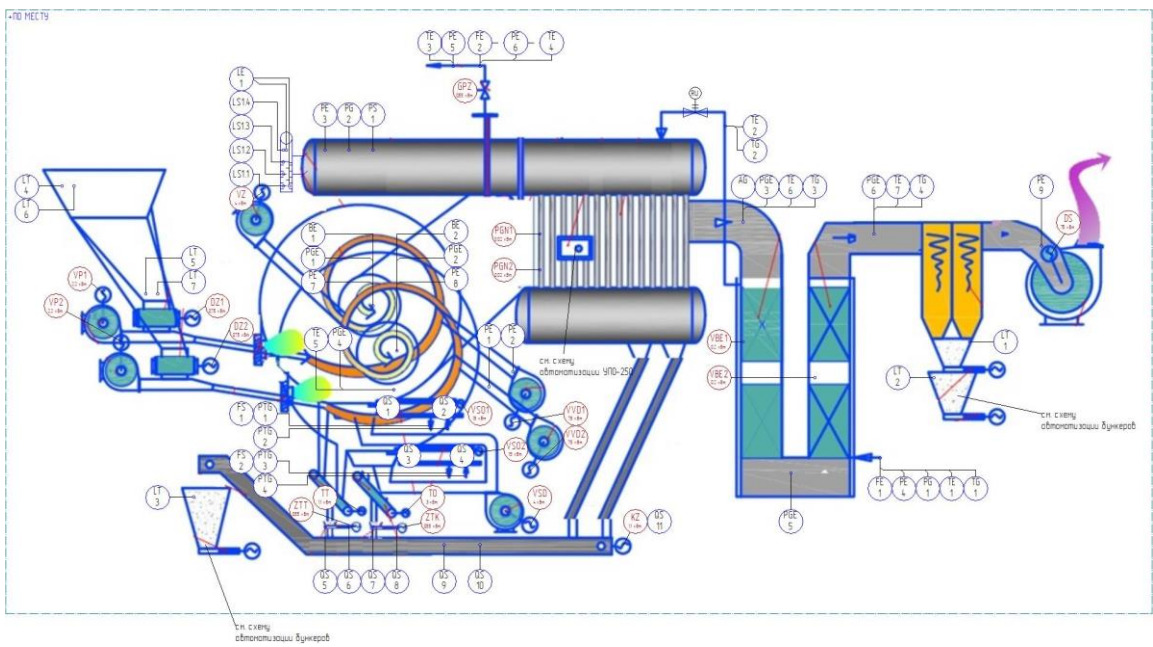


Рисунок 1 – Функциональная схема автоматизации котла E-10-1,4-OI  
 VP, VZ, VVD, VDS, DS – вентиляторы; ZTT, KZ, ZTK, TT, TO – электроприводы системы золоудаления; DZ – дозатор топливоподачи; PGN, VBE, VSO – вспомогательные электроприводы; GPZ, RU – электроприводы запорной арматуры (пар и вода)

На рисунке 2 показана распределенная система управления, где:

- A – контроллеры и модули ввода-вывода;
- NOC – модули связи;
- PO – панель оператора;
- EIP – коммутаторы ModbusTCP/IP;
- UZ\_\*\* - преобразователи частоты соответствующего механизма;
- WEIP – кабели связи типа витая пара.

Сеть выполнена с помощью протокола ModbusTCP/IP. Для того, чтобы добиться детерминированности сети применяются коммутаторы и с помощью них производится разделение большой сети на маленькие подсети, так частотные преобразователи выделены в отдельные блоки (подсеть), для уменьшения нагрузки на сеть и увеличения скорости передачи данных.

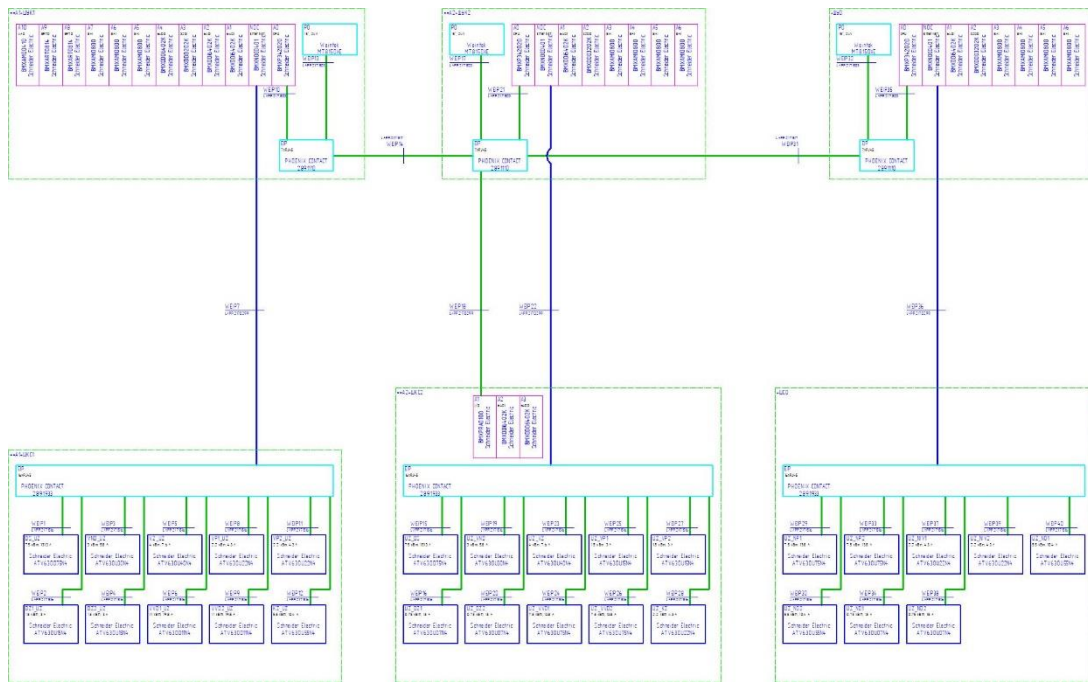


Рисунок 2 – Распределенная система управления котельной

В заключение отметим, что использование преобразователей частоты в новых проектах автоматизации технологических процессов, а частности котельных, более чем оправдано. А новейшие преобразователи частоты полностью соответствуют требованиям Индустрии 4.0 и позволяют создавать системы управления, удовлетворяющие современным стандартам качества.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Промышленные сети: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.sites.google.com/site/asutpklub/-/promyslennye-seti>
2. Паровой котел Е-10-1,4 ОИ: [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.pem-energo.ru/katalog/kotly/kotly-parovye/8>
3. Энергосберегающий асинхронный электропривод // И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 256 с.
4. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод как средство энергосбережения / И.А. Авербах, Е.И. Барац, И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов // Энергетика региона. – Екатеринбург, 2002. – №2(45). – С. 34 – 35.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА С ДВИГАТЕЛЕМ ПОСТОЯННОГО ТОКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ П И ПИ РЕГУЛЯТОРОВ

Пшеничный Даниил Вячеславович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: [danil.pshenichniy@mail.ru](mailto:danil.pshenichniy@mail.ru)

Научный руководитель - Дорош Александр Борисович, к.т.н., старший преподаватель, e-mail: [aldorosh@yandex.ru](mailto:aldorosh@yandex.ru)

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В случаях сплошного изменения исходного значения, когда происходят колебания управляющего органа, используют регуляторы сплошного действия, принцип работы которых основан на законе регулирования. Под законом регулирования представляют некую алгебраическую зависимость между исходными и конечными значениями регулятора. Принято присваивать наименование регулятора, по его закону регулирования, согласно которому он работает, т. е. с точки зрения математической зависимости.*

**Ключевые слова:** Регуляторы, П-регуляторы, ПИ-регуляторы.

Регуляторы подразделяют на следующие типы:

- Пропорциональные (статические) регуляторы.
- Интегральные (астатические) регуляторы.
- Пропорционально-интегральные (изодромные) регуляторы.
- Дифференциальные регуляторы.
- Пропорционально-дифференциальные регуляторы.
- Пропорционально-интегралодифференциальные регуляторы.

П-регуляторы

Регуляторы, имеющие поправку положения регулируемой величины от исходной, вызывающее у управляющего органа движение на величину, равную величине этого отклонения, называются пропорциональными. Статическая зависимость данного регулятора достигается за счет использования обратной связи. П-регуляторы бывают прямыми и обратными.

Работа пропорционального регулятора соответствует следующему выражению:

$$u = -S_1 \varepsilon$$

где  $S_1$  - параметр, равный коэффициенту пропорциональности:  $S_1 = K_p[2]$ .

Исходя из уравнения, можно сделать следующие выводы, что знак минус указывает на то, что в случае отрицательного отклонения нормативного значения, регулирующий орган переходит к открытию, и наоборот [4].

#### ПИ-регуляторы

Регуляторы, скорость движения регулирующего средства равна, как изменению регулируемой величины, так и скорости изменения этого отклонения.

ПИ-регуляторы называют так же изодромными, что в переводе означает равный ход, бег. Это нам разъясняет следующее, что данные регуляторы применяют на устройствах, где необходимо обеспечивать постоянную, неизменную скорость при любых нагрузках [3].

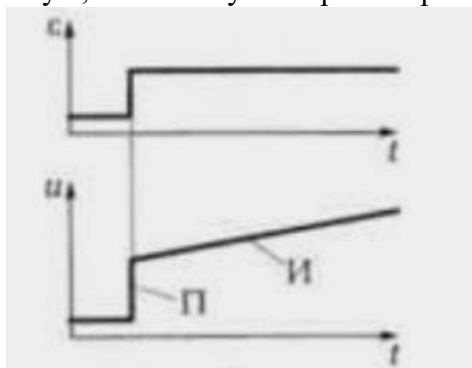


Рисунок 1 – временная характеристика

Принцип работы ПИ-регулятора выражен в уравнении:

$$u = -(S_1 \varepsilon + S_0 \int_0^t \varepsilon dt)$$

где  $S_0$  и  $S_1$  - наладочные параметры,  $S_1 = K_p$ ,  $S_0 = 1/T_i$ ,  $T_i$  - изодромное время [1].

Проведя анализ приведенных выше двух регуляторов, можно сделать следующие выводы, что применение каждого из регуляторов может быть, как положительно, так и отрицательно в любой из систем, но все же, применение ПИ-регуляторов приводит систему к более точному достижению измененной величины, чем П-регулятор, а из минусов ПИ-регулятора, я бы отметил сложность конструкции, по сравнению с П-регулятором.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Автоматические регуляторы: [Электронный ресурс] // Поиск-ру. URL: <https://poisk-gu.ru/s39901t11.html> . (Дата обращения: 09.04.2022)
2. Пропорциональный закон регулирования: [Электронный ресурс] // Студопедия. URL: [https://studopedia.ru/20\\_36284\\_proporsionalniy-p-zakon-regulirovaniya.html](https://studopedia.ru/20_36284_proporsionalniy-p-zakon-regulirovaniya.html). (Дата обращения: 09.04.2022)
3. Автоматические регуляторы: [Электронный ресурс] // Студопедия.НЕТ. URL: [https://studopedia.net/5\\_51441\\_III-avtomaticheskie-regulyatori.html](https://studopedia.net/5_51441_III-avtomaticheskie-regulyatori.html). (Дата обращения: 09.04.2022)
4. Электроника в пять шагов. П-регулятор: [Электронный ресурс] // Яндекс Дзен. URL: <https://zen.yandex.ru/media/vivitronika/elektronika-v-piat-shagov-pregulator-5b329bb063ad5800a8e24069>. (Дата обращения: 09.04.2022)

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЛОКАЛЬНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ЗА СЧЕТ РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ

Родт Сергей Александрович, аспирант кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:rodtsa@yandex.ru

Научный руководитель - Федянин Виктор Яковлевич, д.т.н., профессор кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:fedyanin054@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Постановка проблемы о приемлемости сложившейся в регионе практики использования топливно-энергетических ресурсов, о высоких фактических потерях в распределительных электрических сетях. Использование электрической энергии для отопления частных жилых домов, как альтернатива сжиганию угля и дров. Поиск экономических предпосылок замены традиционного топлива на новые источники энергии.*

**Ключевые слова:** топливно-энергетический баланс, потери электрической энергии при передаче энергии, электрификация, уголь, льготные тарифы на электрическую энергию для населения, электроотопление.

По данным Министерства промышленности и энергетики Алтайского края 96% потребления первичной энергии в Алтайском крае обеспечивается ввозом энергетических ресурсов из-за пределов региона, при этом доля природного газа составляет всего 10% [2, 3]. Напомним, что по всем регионам Российской Федерации доля использования природного газа превышает 50% [1]. Ситуация с газификацией в Алтайском крае по состоянию на начало 2022 года не даёт повода надеяться на строительство новых газопроводов до малых поселений, которых в регионе около 1000, в основном из-за дороговизны такого строительства и низкой целесообразности запуска таких газопроводов, так как в местах ранней газификации края, а это наиболее густонаселённые города и поселения, уровень загрузки газопроводов невысокий, менее 50% от запроектированных объёмов.

Потребление угля в Алтайском крае обеспечивает практически 85% конечного потребления всех энергетических ресурсов. В настоящее время энергетика Алтайского края зависит от поставок угля из других регионов. Удаленность потребителей угля от угледобывающих предприятий предопределяет риски, связанные со своевременной доставкой необходимых объемов топлива, а также его относительно высокую стоимость за счет транспортной составляющей. С учетом того, что почти весь уголь, нефтепродукты и природный газ в Алтайский край поступают из других регионов Российской Федерации, можно сделать вывод о зависимости энергетической отрасли края от привозного топлива. Стратегическое направление «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности» предусматривает повышение энергетической эффективности экономики ТЭК Алтайского края и связано с решением следующих стратегических задач [3]:

- снижение удельного потребления топлива источниками тепла и электроэнергии;
- снижение потерь электрической и тепловой энергии в передающих сетях;
- снижение потерь ТЭР у потребителей.

Потребление ресурсов населением и потери электрической энергии при её передаче в Алтайском крае за 2021 год представлены в таблице 1. Потери при передаче электрической энергии сопоставимы с величиной потребления угля населением Алтайского края, проживающим в частных домах с печным отоплением.

Таблица 1

Показатели топливно-энергетического баланса	Ед.изм.	Уголь	Природный газ	Электрическая энергия	Тепловая энергия	Прочие	Всего
Потери при передаче	тыс. т.у.т.	0,0	0,0	-122,5	-411,5	0,0	-533,9
Конечное потребление энергетических ресурсов	тыс. т.у.т.	-4 697,7	-858,3	-980,9	-1 810,8	-1 481,7	-9 829,4
Потребление населением	тыс. т.у.т.	-1 007,0	-537,3	-302,7	-750,5	-840,0	-3 437,5
Доля населения в конечном потреблении ресурсов	%	21,44%	62,60%	30,85%	41,45%	56,69%	34,97%

В Алтайском крае, который полностью электрифицирован, а доля потребления населения высокая (более 30% от всего конечного потребления электрической энергии), общие потери электрической энергии в регионе по отношению к величине потребления населением составляют 40%, а к общему конечному потреблению в Алтайском крае составляют 12,5%. Общее потребление угля населением в 2021 году более чем в 3 раза превысило общее потребление электрической энергии [3].

В таблице 2 приведен перечень подстанций ПС 35/110 кВ, обеспечивающих электроэнергией сельские поселения Алтайского края, фактическая нагрузка которых в 2021 году составляла менее 30% [3].

Таблица 2

Наименование ПС	Уровни напряжения ПС 35-110 кВ	Установлен- ная мощность Т-1, МВт	Установлен- ная мощность Т-2, МВт	Фактиче- ская нагруз- ка, МВт	Фактиче- ская нагрузка, %
ПС "Бор-Форпост" №9	110/10	6,300	0,000	0,493	8,80
ПС "Быстроистокская" №40	110/10	6,300	6,300	1,424	25,39
ПС "Верх-Ануйская" №39	110/10	6,300	0,000	0,924	16,48
ПС "Волчнобурлинская" №13	110/10	6,300	6,300	0,689	12,29
ПС "Жилинская" №40	35/10	2,500	2,500	0,379	16,31
ПС "Зелено Полянская" №38	110/10	2,500	0,000	0,220	9,88
ПС "Орловская" №22	110/10	10,000	10,000	1,440	16,18
ПС "Серебропольская" №6	110/35/10	10,000	16,000	0,737	8,28
ПС "Топольная" №55	35/10	2,500	0,000	0,206	8,85
ПС "Шубинская" №11	110/10	6,300	6,300	0,272	4,85

Напрашивается вывод: с учётом того, что Алтайский край является территорией полностью электрифицированной, без собственных источников природного газа и без залежей углей, пригодных для потребления в частных домовладениях, в сложившихся обстоятельствах самым эффективным энергоносителем для систем отопления и горячего водоснабжения становится электрическая энергия, система доставки которой уже создана, а пропускная способность сетей Алтайского края имеет гигантский запас по росту загрузки (см. таблицу 2).

Логистика доставки ресурса для отопления нескольких домов в отдаленный район Алтайского края гораздо проще, если это электрическая энергия, а не газ или уголь. Не нужны трубопроводы, дороги и транспорт для перевозки топлива. Таким образом, перевод частных домовладений с угольного отопления на электрическое, особенно в местах со сложной логистикой доставки топлива, будет иметь хороший экономический и экологический эффект.

Часть электрической энергии, которая сейчас теряется при транспортировании этой энергии, заместится потреблением населения на нужды отопления. Сезонная загрузка сетей позволит снизить потери холостого хода и иные технологические потери энергии. Рост потребления энергии на электроотопление частных жилых домов приведёт к снижению стоимости транспортирования электрической энергии, так как загрузка сетевых мощностей вырастет и это не только снижение технологических потерь, но и снижение прямых и косвенных затрат на единицу передаваемой энергии в тарифах. Обоснованно можно утверждать, что запас мощности для роста потребления на нужды электроотопления населения имеется по всему краю, и более равномерная загрузка работы этих подстанций и распределительных сетей до определённого уровня не вызовет сжигание дополнительного топлива, а лишь приведёт к снижению потерь электрической энергии при транспортировке к местам потребления.

Для объективности картины в таблице 3 приведены в сопоставимый вид доступные для населения Алтайского края виды топлива и энергетических ресурсов в ценах и утвержденных тарифах на начало 2022 года. Прямой ресурсный пересчёт показывает, что уже сегодня электрическая энергия, в качестве топлива, конкурирует по цене тепла с работой ма-

лых котельных, годовой объём выработки, которых меньше 2000 Гкал в год. Следует также отметить, что стоимость электроэнергии, особенно для населения, хорошо прогнозируется и регулируется государством в отличие от цен на уголь.

У потребителей Алтайского края, проживающих в малых поселениях в сельской местности, нет никаких перспектив по получению более дешёвого топлива в виде угля или природного газа, так как нет никаких факторов, которые могли бы привести к удешевлению этих видов топлива, а обсуждаемые прогнозы роста цен на уголь не утешительны, вплоть до прироста цен до конца 2022 года до 100%. Кроме того, такие колебания цен потребители Алтайского края уже наблюдали зимой 2021-2022 г.г., плюс проблемы с наличием топлива и его доставкой до места потребления.

Таблица 3

Вид топлива/ энергии	ед. изм.	цена/ тариф, руб.	К-во т.у.т.	Цена т.у.т., руб.	К-во Гкал.	Цена Гкал., руб.
Уголь кузнецкий	т.	3 392,00	0,867	3 912,34	6,07	558,91
Газ природный	тыс. куб. м	8 008,00	1,154	6 939,34	8,08	991,33
Тепловая энергия	Гкал	3 147,37	0,149	21 180,15	1,00	3 147,37
Электроэнергия	тыс. кВт-ч	3 520,00	0,123	28 617,89	0,86	4 088,27
Электроэнергия+ тепл. Насосы	тыс. кВт-ч	3 520,00	0,123	28 617,89	2,58	1 362,76

Самым перспективным и эффективным с точки зрения электроотопления частных жилых домов станет применение в отоплении технологии тепловых насосов, с использованием низкопотенциального тепла поверхностных слоев Земли [4]. Оценим уровень затрат на теплоснабжение. Примем максимальный рост цен кузнецких углей для населения края в 2 раза, и возьмём прогнозный рост цен на электрическую энергию для населения +8% со второго полугодия 2023 года, а также примем, что какой-то потребитель перевёл свой дом на электроотопление с использованием теплового насоса с отопительным коэффициентом 3 (см. таблицу 3). Цена тепла по текущим затратам, т.е. без учёта капитальных затрат, будет в этих условиях отличаться не более чем на 20%, что делает эту идею выгодной уже не только для энергетики и региона в целом, но и для конкретного потребителя.

Как вариант, полностью соответствующий приведенным выше стратегическим задачам развития энергетической системы Алтайского края, можно рассматривать формирование целевой региональной программы по переводу населения на электроотопление с применением ВИЭ (использование низкопотенциального тепла верхних слоев Земли – технологию тепловых насосов), с принятием значительной доли финансирования такого перехода на региональный бюджет, а также адресную помощь нуждающимся по осуществлению капитальных затрат по переводу своих жилищ на электроотопление. Целесообразным для стимулирования замены традиционного топлива – угля – на новое – электричество станет установление на цикл около 5 лет льготных тарифов на электроотопление для населения, при условии использования ВИЭ. В части бюджетных денег гораздо легче помочь незащищённым слоям населения, если они отапливают своё жилище электричеством, а не углём; учёт проще и надёжнее, отопление безопаснее, расчёт субсидии более достоверный.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Григорьев А. Энергобаланс, достойный Книги Гиннеса // Журнал «Мировая энергетика» – 2007 – март © АНО «Институт проблем естественных монополий», 2012–2022.
2. Постановление Правительства Алтайского края №543 от 31.12.2019г. «Об утверждении государственной программы Алтайского края «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности».



3. Рабочие материалы Министерства промышленности и энергетики Алтайского края, используемые при формировании Прогнозного топливно-энергетического баланса Алтайского края на 2020-2025, 2030 годы и Схемы и программы «Развитие электроэнергетики Алтайского края» на 2023–2027 годы».

4. Федянин В.Я., Крюков Д.Н. Создание эффективных систем энергоснабжения сельских потребителей в условиях юга Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. – 2017. –Т. 31. № 3. – С. 65–68.

## ОРГАНИЗАЦИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЩИТА УЧЕТА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Романенко Сергей Николаевич, бакалавр кафедры ЭиАЭП, e-mail:romanenko\_sergei02@mail.ru

Научный руководитель - Дорош Александр Борисович, к.т.н., старший преподаватель,  
e-mail:aldorosh@yandex.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены вопросы функционирования щитов учета электроэнергии при отрицательных температурах. Представлены два способа обогрева счетчика электроэнергии: на базе многоэлектродных композиционных электрообогревателей МКЭ и карбонового кабеля 12К. Для оценки эффективности способов обогрева была разработана программа испытаний с использованием термобарокамеры. Приведены фотографии испытательной установки и принципиальные схемы включения электрообогревателей и карбонового кабеля.*

**Ключевые слова:** многоэлектродные композиционные электронагреватели МКЭ, карбоновый греющий кабель 12К, шкаф учета электроэнергии, принципиальные схемы, термобарокамера.

Значительное влияние на достоверность показаний счетчиков учета электроэнергии оказывают отрицательные температуры окружающей среды. Например, счетный механизм трехфазного индукционного счетчика замедляет вращение, что приводит к заниженному определению количества потребляемой энергии [1]. В электронных счетчиках при низких температурах минус 40 °С - минус 60 °С возникают проблемы функционирования электронных блоков при наличии АСКУЭ. Так же стоит отметить, что при резких перепадах температур внутри шкафа учета возможно образование конденсата. Это может привести к коррозии как элементов и узлов шкафа, так и к коррозии токопроводящих элементов и представляет угрозу возникновения короткого замыкания и возгорания, выводя из строя узлы и оборудование шкафа.

Решением данной проблемы является установка в шкафах учета обогревающего устройства, которое включается в работу при отрицательных температурах, и может обеспечивать заданную температуру в течение длительного времени, что позволяет предотвратить конденсирование водяных паров внутри шкафа.

Для поддержания заданной положительной температуры в шкафе учета предлагается использовать два варианта: систему из трех многоэлектродных композиционных электрообогревателей (МКЭ) и установку на основе карбонового греющего кабеля 12К с термостатом НС [2]. Электрообогреватель МКЭ представляет собой пластину, выполненную из бутилкаучука и содержащую размещенный внутри изоляционного слоя электропроводящий слой с системой токопроводящих электродов. Режим работы обогревателя – продолжительный; эксплуатация обогревателя технического обслуживания и профилактики не требует [3].

Преимуществами МКЭ являются: работа в особо опасных и агрессивных средах с высокой надежностью и электробезопасностью независимо от механических повреждений электрообогревателя, равномерность распределения тепловых полей на поверхности электрообогревателя. Для греющего кабеля питание подводится через ограничитель мощности – термостат НС. Счетчик электроэнергии включается в сеть 220В для имитации работы, цепи учета не подключается. Таймер ТЭ 15 также подключается в сеть 220В для возможности проверки работоспособности ЖК-дисплея.

На рисунках 1, 2 представлены фотографии с указанием места расположения элементов щита учета и указаны зоны расположения термосопротивлений ТПТ - 14 - 1.

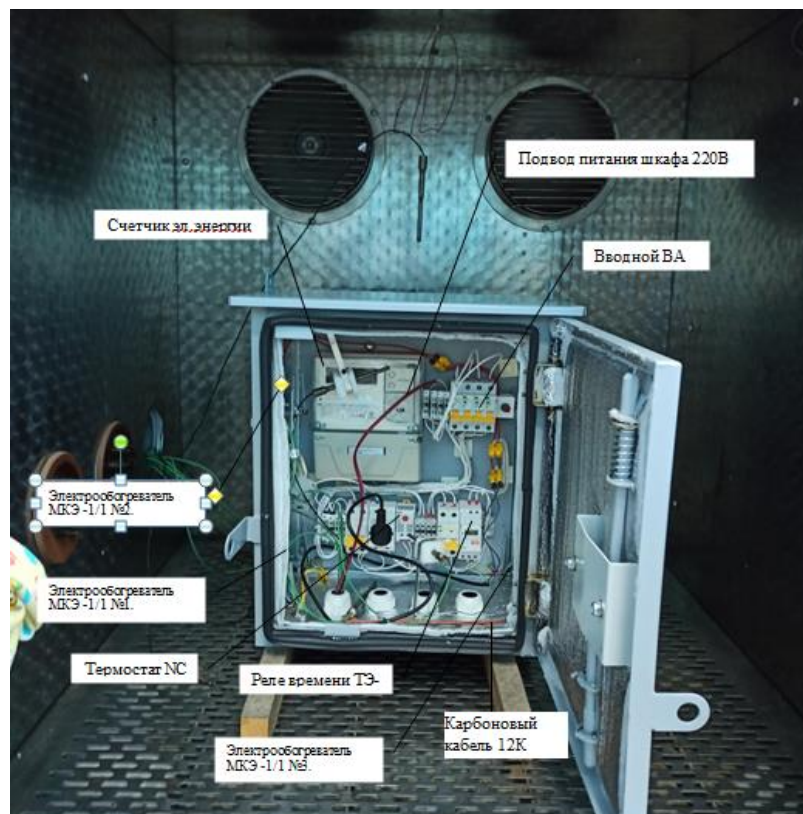


Рисунок 1 – Фотография шкафа учета электроэнергии с системой обогрева на основе электрообогревателей МКЭ -1/1 и карбонового кабеля 12К

Так же установлено 6 датчиков температуры - 1 за пределами электрощита (датчик 1) для измерения температуры внутри термобарокамеры и 5 - внутри шкафа (датчики 2-6).

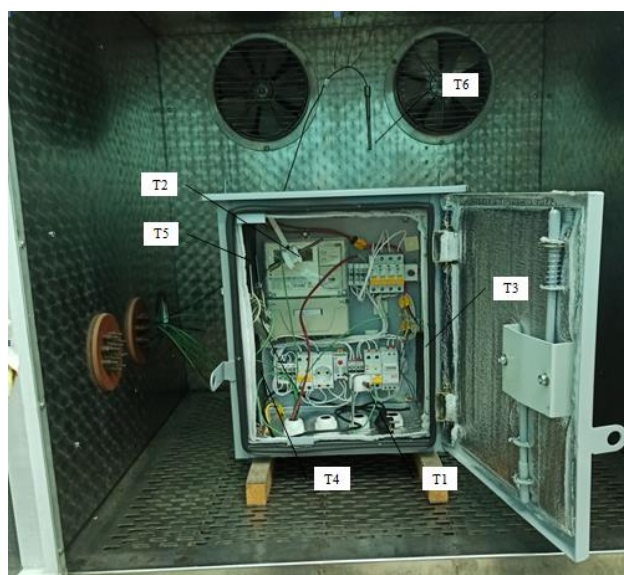
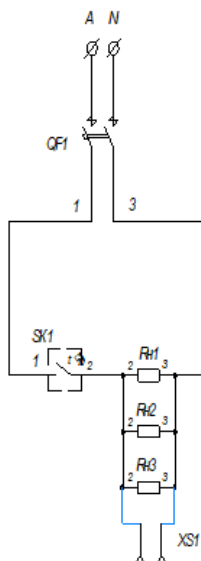


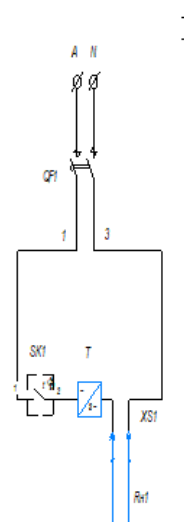
Рисунок 2 – Фотография шкафа учета электроэнергии с указанием места расположения термосопротивлений ТПТ - 14 - 1

Ниже приведены принципиальные схемы включения электрообогревателя МКЭ 1/1 и карбонового кабеля 12К (рисунки 3,4).



Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Прим.
SK1	Термостат NC	1	
QF1	Автоматический выключатель ВА 47-29 3р 8А	1	
Rn1, Rn2, Rn3	Электрообогреватель МКЭ-1/1	3	80 Вт
XS1	Розетка на Din-рейку PM-101	1	

а)



Поз. обознач.	Наименование	Кол.	Прим.
SK1	Термостат NC	1	
QF1	Автоматический выключатель ВА 47-29 3р 8А	1	
Rn1	Карбоновый провод 12К-33 Ом	4м	85 Вт
XS1	Розетка на Din-рейку PM-101	1	
T	Регулятор мощности (диммер) AC220В, до 2000Вт	1	

б)

а) режим работы электрообогревателей МКЭ 1/1;

б) режим работы карбонового кабеля 12К.

Рисунок 3 – Принципиальная схема автоматической системы обогрева

Целью испытаний являлось определение, эффективности автоматической системы обогрева шкафа учета электроэнергии с использованием электрообогревателей МКЭ и карбонового кабеля 12К. Полученные экспериментальные данные подтвердили целесообразность применения электрообогревателей МКЭ при температурах окружающей среды ниже минус 45<sup>0</sup>С.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- ГОСТ Р 30630.2.1-2013. Методы испытаний на стойкость к климатическим внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. – Взамен ГОСТ Р 51368-2011; введ. 2015-01-10.- Москва: Стандартинформ.-2014.-24с.
- Карбоновый греющий кабель 12К 33Ом [Электронный ресурс]:<https://elemagtrk.ru/product/karbonoviy-kabel/>(дата обращения: 10.04.2022).
- Дорош, А. Б. Теоретическое обоснование методов расчета и проектирования низкотемпературных композиционных электрообогревателей для АПК [Текст] / А. Б. Дорош, Т. М. Халина // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. – 2008. – № 3-4. – С. 32-35.

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ВНЕДРЕНИЯ УСТРОЙСТВ ПЛАВНОГО ПУСКА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ НА ПРИМЕРЕ ЗЕРНООЧИСТИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Рудель Артем Михайлович, магистрант кафедры ЭиАЭП, e-mail:rudel97@mail.ru

Научный руководитель - Григорьев Алексей Владимирович, старший преподаватель,  
e-mail:grigoriev\_alexey@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Данная статья дает представление о комплексных исследованиях устройств плавного пуска, частотного регулирования, а также прямого пуска. Инженерно-техническое перевооружение сельского хозяйства, предполагается изменением, внедрением, наиболее усовершенствованными узлами и агрегатами. Достигается это все техническими средствами автоматизаций, в том числе устройствами плавного пуска и частотного регулирования.*

**Ключевые слова:** устройство плавного пуска, прямой пуск, частотное регулирование, управление приводами, узел, автоматизация.

Процесс пуска электродвигателя определяется механическими характеристиками и нагрузкой [1]. Процесс прямого пуска происходит включением на прямую в сеть на номинальное напряжение [2]. Результатом этого, в обмотках электродвигателя проходят огромные токи, которые превышают номинальные в 4...8 раз. Слишком частые пуски, приводят к перегреву изоляций обмоток, что приводит к выходу из строя. Происходят и механические разрушения подшипникового узла и узлов машины и приводов (этому свидетельствует Рисунок 1).

Поэтому важной задачей является отказ от прямого пуска электродвигателей.



Рисунок 12 - Разрушение зуба шестерни от последствий механических нагрузок

Рассматриваемый в данной статье пример представляет случай множественного применения прямого пуска асинхронных электродвигателей переменного тока с короткозамкнутым ротором, приводящим в действие сильно нагруженные механизмы, в том числе норий, конвейеры и зерноочистительные машины. В данных механизмах применяются зубчатые редукторы, которые периодически выходят из строя. По отзывам заказчика эксплуатировавшего данную линию, до трети редукторов были заменены или отремонтированы в первый год эксплуатации данного оборудования.

Для снижения пусковой механической нагрузки на оборудование, было необходимо использование плавного пуска, включенных в существующую схему, основанную на прямом пуске приводов (Рисунок 2,3)

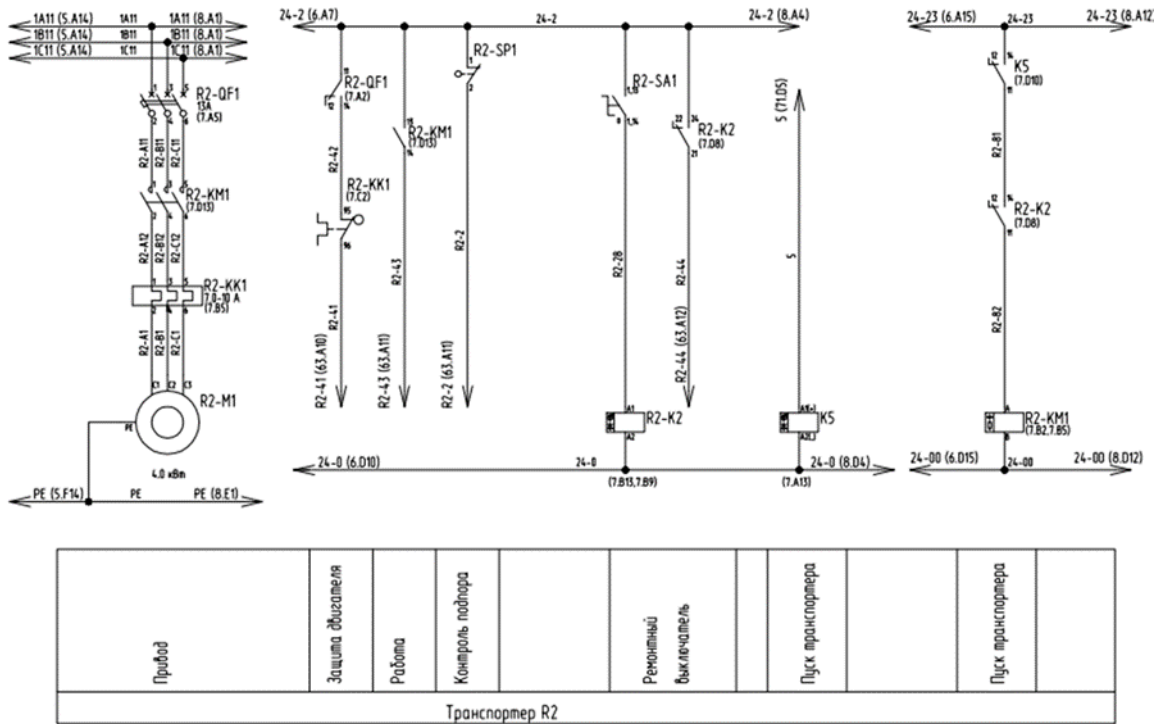


Рисунок 13- Электрическая схема до переоборудования.

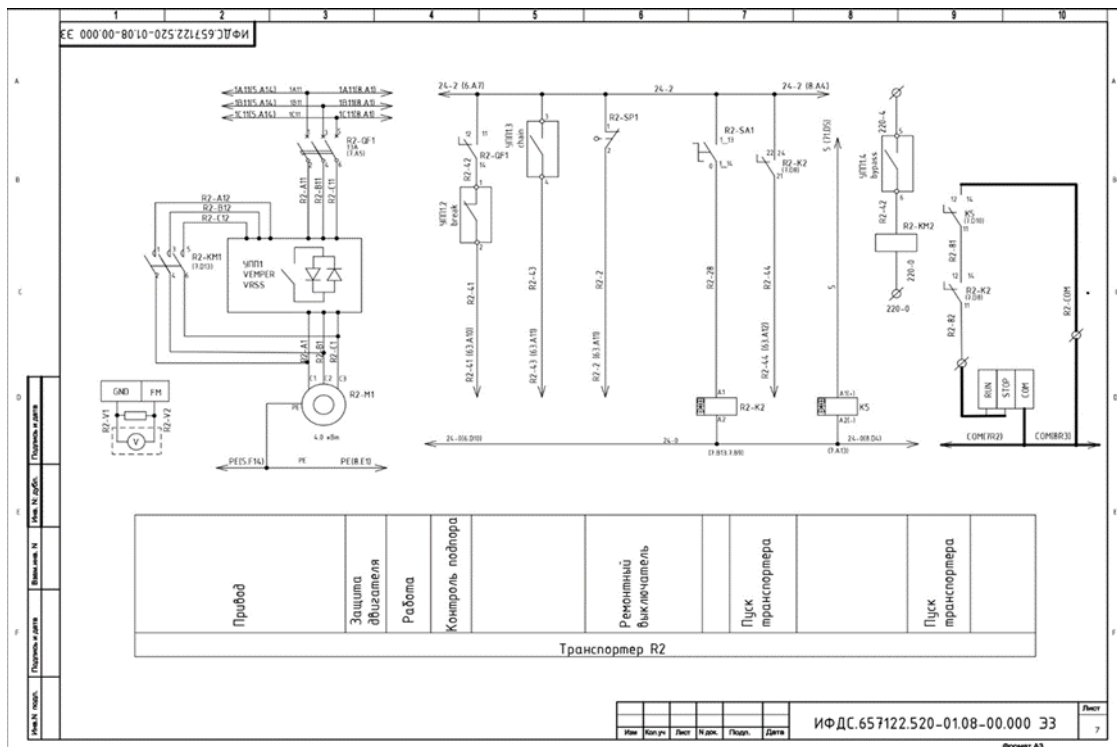


Рисунок 14 - Электрическая схема после переоборудования.

Исходя из технико-экономического анализа, имеющегося на рынке оборудования, было выбрано оборудование УПП Vemper серий VRSS. С всеми возможными защитами электродвигателя, а это ограничение по току, перегреву, затяжному пуску.

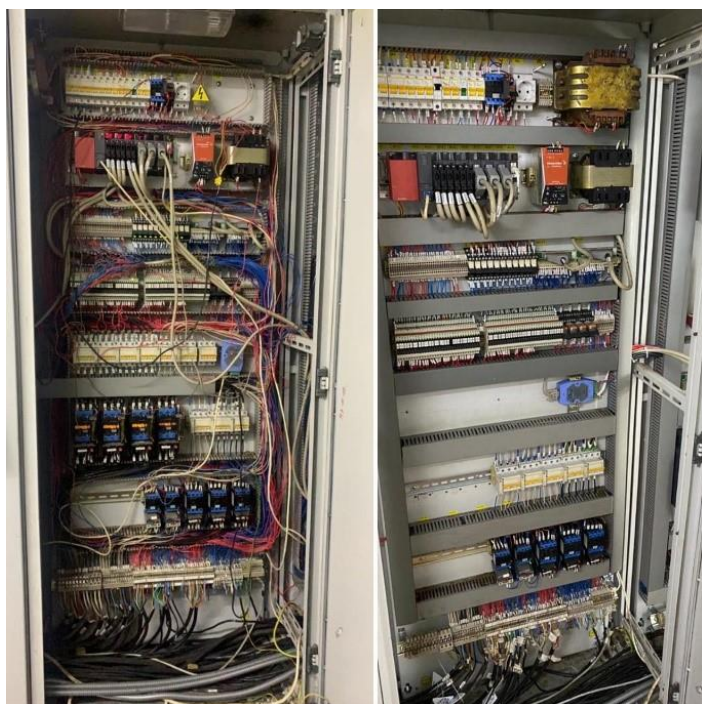


Рисунок 4 - Вид шкафа управления до и после модернизаций



Рисунок 5 - Вид силового шкафа оборудования после модернизаций

В принципе работы УПП лежит ограничение напряжение подводимого от сети, а также тока при помощи варисторов и симисторов. Так же в работе УПП участвует шунтирующий контактор «bypass» в обход системы. После пуска и выход на номинальное напряжение по команде УПП включается «bypass» для того, чтобы дать оборудованию охладить свой силовые части.

В результате данного переоборудования были существенно снижены пусковые токи, а также сведены к минимуму возникающие при пуске просадки напряжения от питающей сети. За 3 месяца эксплуатации не было аварийных ситуаций, связанных с обламыванием зубьев редуктора на нориях, транспортерах, проскальзывания ремней на зерноочистительных машинах, а также полностью ликвидировать разрушения подшипникового узла за-за ударных нагрузок при пуске. Удалось снизить потребление электроэнергии на двух вентиляторах, поскольку УПП работает как регулятор напряжения, удалось снизить напряжение без вреда для механизма.

Таким образом, применение устройств плавного пуска для снижения вероятности отказов электрического привода и связанных механизмов, является целесообразным, что подтверждает безаварийная работа более чем 12 электроприводов в течение 3-х месяцев в Тюменцевском районе, с. Мезенцево, КХ «Григорьев», а также удалось снизить потребление электроэнергии на 20%.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кондратьева, И. В. Экономика предприятия: учебное пособие для вузов / И.В. Кондратьева. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 232 с. - ISBN 978-5-8114-7254-3.
2. Совершенствование инженерно-технического обеспечения производственных процессов и технологических систем. Материалы международной научно-практической конференции. Оренбург, 8 февраля 2019 г: материалы конференции /под редакцией Ю.А. Ушакова. - Оренбург: Оренбургский ГАУ, 2019. - 356 с.- ISBN 978-5-6043058-8-1

## КОМПАКТНОЕ УСТРОЙСТВО ПУСКА, РЕВЕРСА И РЕГУЛИРОВАНИЯ СКОРОСТИ ОДНОФАЗНОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Рязанова Елизавета Дмитриевна, магистрант кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail:RiazanovaElizavetaD@yandex.ru

Научный руководитель - Стальная Мая Ивановна, к.т.н., профессор, e-mail:stalnaya.m.i@mail.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассматривается возможность применения в современной сельскохозяйственной промышленности компактного частотного преобразователя для однофазного асинхронного двигателя с целью обеспечения пуска, реверса и регулирования скорости однофазного асинхронного двигателя. Также показана векторная диаграмма, создаваемая с помощью рассматриваемого частотного преобразователя, состоящая из шести векторов магнитного поля статора, и тактовая диаграмма, служащая для построения соответствующей векторной диаграммы, состоящей из шести векторов магнитного поля статора.*

**Ключевые слова:** электрический привод, однофазный асинхронный двигатель, транзистор, векторное управление, частотный преобразователь.

В современной сельскохозяйственной промышленности широкое применение получили устройства, основной частью которых является электрический привод. В свою очередь электрический привод состоит из электродвигательного устройства, преобразующего устройства и управляющего устройства. Электродвигательное устройство является основным элементом электропривода, оно преобразует электрическую энергию в механическую. К электродвигательным устройствам, используемым в электрическом приводе можно отнести асинхронные электрические двигатели. Так зачастую в сельском хозяйстве применяются однофазные питающие сети, особенно в удаленных и труднодоступных районах. Следовательно, в данной ситуации целесообразно применение однофазных асинхронных двигателей. К преимуществам однофазных асинхронных двигателей можно отнести простоту их обслуживания, а также их небольшие габариты и вес. Однако, несмотря на перечисленные преимущества, при подаче питающего переменного напряжения одновременно на обе статорные обмотки, статор однофазного асинхронного двигателя создаёт пульсирующее магнитное поле, при этом пусковой момент отсутствует, а также реверс двигателя при таком подключении невозможен. Исходя из выше сказанного, можно сделать вывод о том, что разработка устройства способного обеспечить пуск, реверс и регулирование скорости однофазного асинхронного двигателя при питании от однофазного источника питания является актуальной задачей.

Так компактный частотный преобразователь для однофазного асинхронного двигателя (рисунок 1) [1] способен решить поставленную задачу.

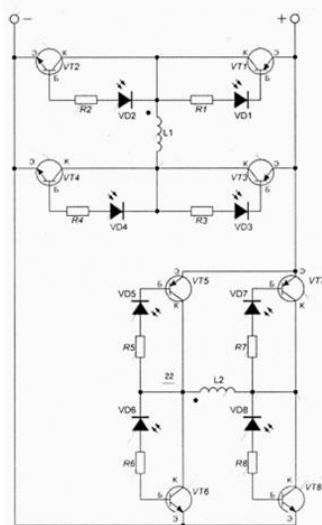


Рисунок 1 – Компактный частотный преобразователь для однофазного асинхронного двигателя

Работа компактного частотного преобразователя для однофазного асинхронного двигателя поясняется рисунком 2. Так в первый момент коммутации  $t_1$  (рисунок 2б) световые сигналы подаются на фотодиоды VD1 и VD4, начинает протекать базовый ток через транзисторы VT1, VT4, транзисторы VT1, VT4 начинают пропускать ток. Таким образом, обеспечивается протекание тока по первой обмотке двигателя L1 (рисунок 1), формируется первое I фиксированное положение магнитного поля статора (рисунок 2а).

Во второй момент коммутации  $t_2$  транзисторы VT1, VT4 продолжают работать, кроме того световые сигналы подаются на фотодиоды VD6 и VD7, через транзисторы VT6, VT7 начинает протекать базовый ток, транзисторы VT6, VT7 включаются в работу, ток начинает протекать по первой L1 и второй L2 обмоткам двигателя. Так формируется второе II фиксированное положение магнитного поля статора. Следуя тактовой диаграмме, показанной на рисунке 2б, создаются следующие фиксированные положения магнитного поля статора.

В третий момент коммутации  $t_3$  перестает подаваться световой сигнал на фотодиоды VD1, транзисторы VT1, VT4 выключаются, в то время как транзисторы VT6, VT7 продолжают работать, ток продолжает протекать по второй обмотке двигателя L2. Так формируется третье III фиксированное положение магнитного поля статора. Следуя тактовой диаграмме, показанной на рисунке 2б, создаются следующие фиксированные положения магнитного поля статора (рисунок 2а). Для обеспечения функции реверса за счет рассматриваемого устройства необходимо создавать фиксированные положения магнитного поля статора в обратном порядке.

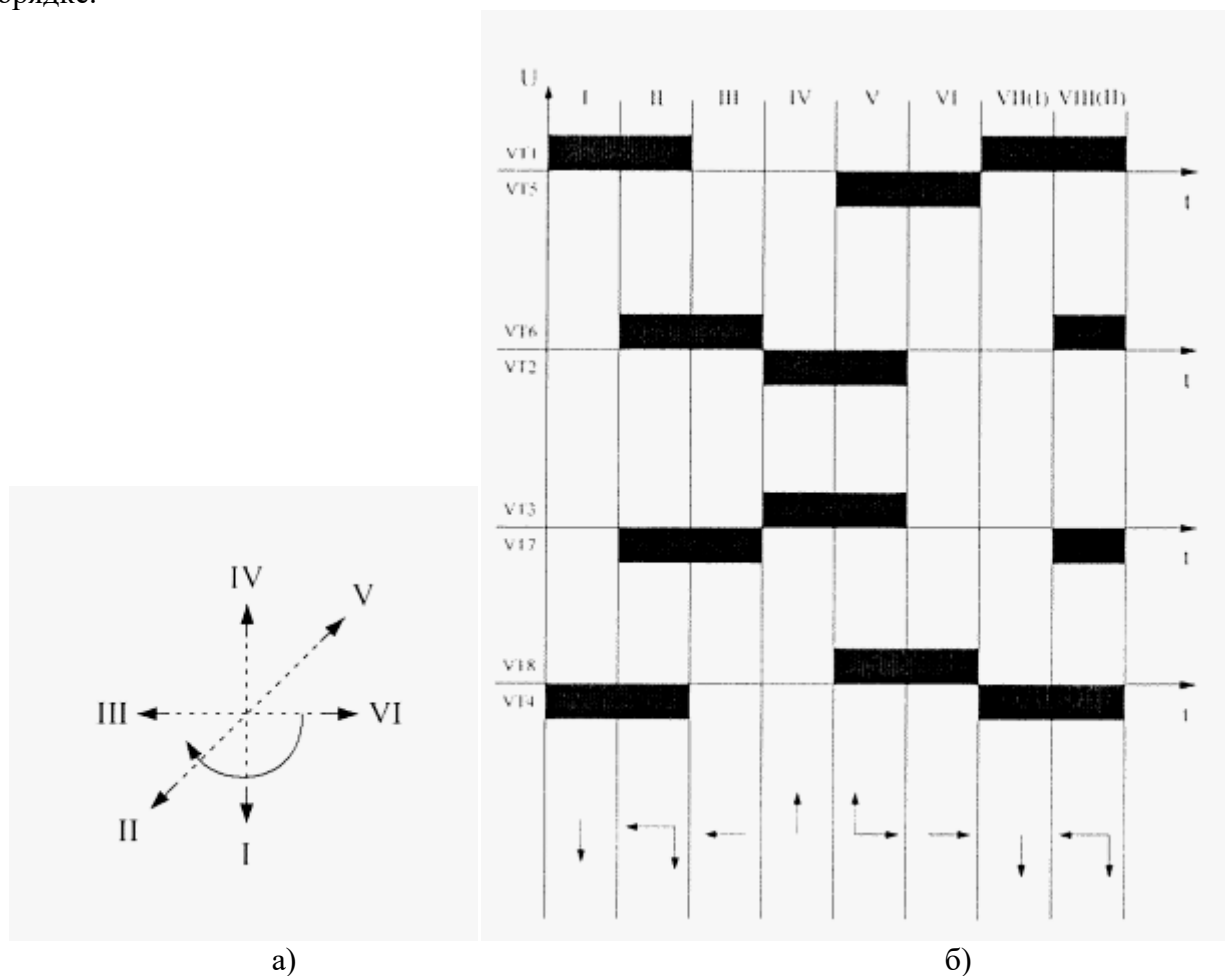


Рисунок 2 – Работа компактного частотного преобразователя для однофазного асинхронного двигателя: а) векторная диаграмма магнитного поля статора б) тактовая диаграмма для построения шести векторов магнитного поля статора



Подводя итог выше сказанному, можно сделать вывод о том, что компактный частотный преобразователь для однофазного асинхронного двигателя способен решить поставленную задачу, а именно обеспечить пуск, реверс и регулирование скорости однофазного асинхронного двигателя.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Компактный частотный преобразователь для однофазного асинхронного двигателя [Текст]: пат. 182963 Рос. Федерация: МПК H03K 17/00 (2006.01), H02M 3/04 (2006.01) / Давыдов А. Е., Стальная М.И., Иванов И.А., Рыбалкина Т.Д., Рязанова Е.Д.; заявитель и патентообладатель «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» - № 2018122572, заявл.20.06.2018; опубл. 06.09.2018.

#### ДВУХДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ЛЕНТОЧНОГО КОНВЕЙЕРА

Сухинин Степан Евгеньевич, аспирант кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок», e-mail:s.suxinin@corp.nstu.ru

Научный руководитель – Котин Денис Алексеевич, к.т.н., доцент, e-mail:d.kotin@corp.nstu.ru  
Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск, Россия

*Для обеспечения гарантированного пуска и стабильной работы в ленточных конвейерах необходимо, чтобы значение тягового фактора не превышало критического. В двухдвигательных конвейерах, где приводные барабаны расположены на относительно расстоянии друг от друга, пуск конвейера без специальных устройств приведет к проскальзыванию ленты на приводных барабанах. Использование преобразователей частоты в режиме синхронизации скоростей позволяет осуществить гарантированный пуск конвейера.*

**Ключевые слова:** ленточный конвейер, электропривод, натяжение, математическая модель

Ленточный конвейер представляет собой сложную электромеханическую систему с распределенными параметрами. В протяженных конвейерах с большим грузопотоком используется несколько приводных барабанов с отдельным двигателем на каждый барабан. При этом если барабаны расположены недалеко друг от друга, они имеют полужесткую кинематическую связь. Это позволяет осуществлять пуск конвейера с небольшими колебаниями скоростей двигателей и динамического момента. В данной ситуации желательно использовать системы управления для синхронизации скоростей двигателей, но гарантированный пуск может быть осуществлен и без них.

В случае, когда приводные барабаны расположены на некотором расстоянии друг от друга, между ними образуется гибкая кинематическая связь. Это означает, что при пуске конвейера для каждого двигателя будет свой статический и динамический момент сопротивления, вызванный деформацией конвейерной ленты между барабанами. При прямом пуске двигателей это приведет к рассинхронизации их скоростей при пуске, что приводит к еще большему увеличению динамического момента при пуске, что в конечном итоге приведет к проскальзыванию ленты на приводном барабане.

Чтобы лента не проскальзывала на приводном барабане необходимо, чтобы выполнялось условие [1,2]:

$$\frac{S_{нб}}{S_{сб}} \leq e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2)} \quad (1)$$

где:  $S_{нб}$  – натяжение набегающего участка ленты на первый приводной барабан, Н;  $S_{сб}$  – натяжение сбегающего участка ленты со второго приводного барабана, Н;  $e$  – основание натурального логарифма, равное 2,73;  $\mu$  – коэффициент сцепления ленты с приводным барабаном;  $\alpha$  – угол обхвата лентой каждого из приводных барабанов, рад/с.

Коэффициент сцепления ленты с приводным барабаном зависит от множества факторов и в процессе эксплуатации конвейера может уменьшаться от различных факторов таких, как износ ленты и футеровки барабана, пыль, грязь и т.д [3].

Исходя из выше изложенного, можно сделать вывод, что для гарантированного пуска двухприводного конвейера без пробуксовки ленты на приводных барабанах необходимо использовать дополнительное оборудование для пуска. На данный момент самым энергоэффективным является использование преобразователей частоты для каждого двигателя. Их режим работы, в режиме ведущий/ведомый, при котором двигатель второго приводного барабана поддерживает скорость двигателя первого приводного барабана, позволяет пускать конвейер с минимальным динамическим моментом. Минимизация динамического момента позволяет минимизировать колебания тягового фактора в процессе пуска.

В качестве примера, авторами статьи предлагается рассмотреть пуск двухдвигательного конвейера с тяговым фактором  $e^{\mu(\alpha_1 + \alpha_2)}$  равным 9,5. Математическая модель конвейера представляет собой систему с сосредоточенными параметрами.

На рисунке 1 представлен график изменения значения тягового фактора в процессе прямого пуска двигателей от питающей сети.

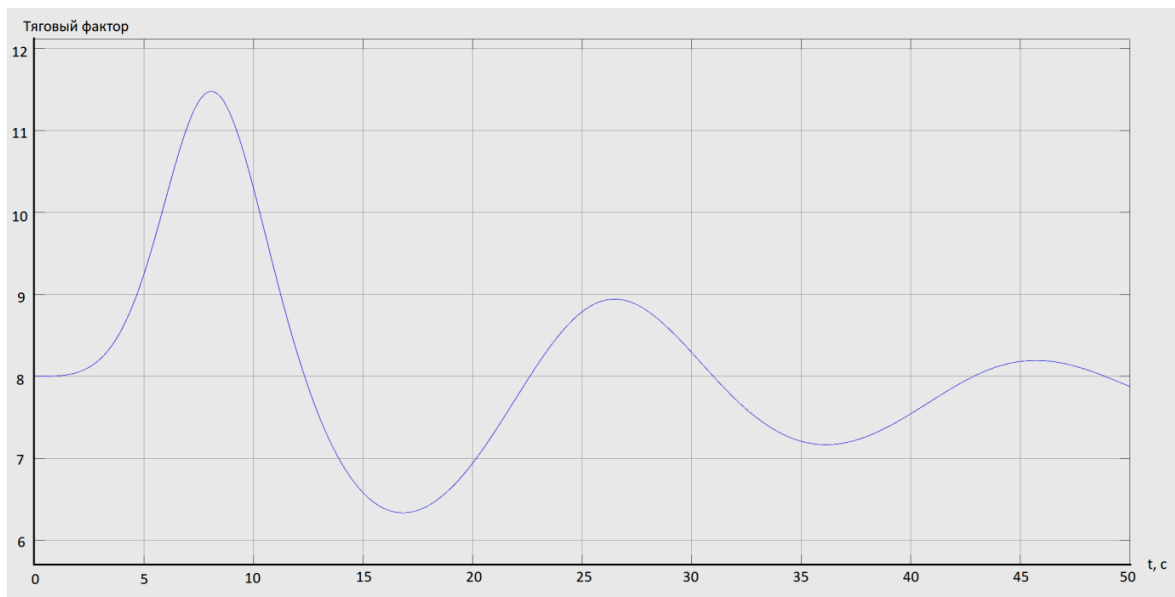


Рисунок 1 – Значение тягового фактора при прямом пуске конвейера

Из графика видно, что при прямом пуске значение тягового фактора достигает 11,5, что гарантировано, приведет к проскальзыванию ленты на приводном барабане.

На рисунке 2 представлен график изменения значения тягового фактора при пуске двигателей от преобразователей частоты, работающий в режиме ведущий/ведомый.

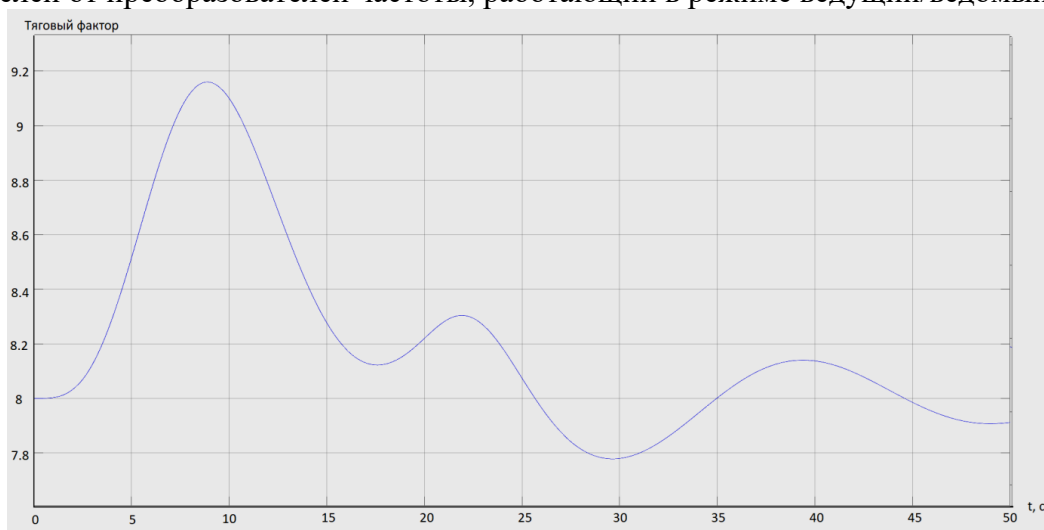


Рисунок 2 – Значение тягового фактора при пуске конвейера с помощью преобразователей частоты

Из графика видно, значение тягового фактора не превышает 9,2, что гарантирует пуск конвейера без проскальзывания ленты.

Таким образом, пуск конвейера с синхронизацией скоростей двигателей позволяет снизить износ оборудования (ленты и барабана) и продлить срок службы конвейера. Замена ленты является самым трудозатратным и дорогостоящим мероприятием при ремонте конвейера, поэтому использование преобразователей частоты позволяет сэкономить значительный объем средств и времени на ремонт оборудования.

При этом запас по тяговому фактору составляет 0,3 и при износе или при неблагоприятных условиях этого запаса может не хватить. Поэтому необходимо разработать такую систему управления двигателями, которая позволит еще больше уменьшить колебания тягового фактора при пуске. Одним из таких способов является принудительная рассинхронизация двигателей при пуске, которая позволяет уменьшить динамический момент за счет своевременного увеличения или уменьшения натяжения участка ленты между приводными барабанами.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дмитриева В.В. Моделирование пуско-тормозных режимов ленточного конвейера // ГИАБ. 2014. №3. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modelirovanie-pusko-tormoznyh-rezhimov-lentochnogo-konveyera> (дата обращения: 23.03.2022).
2. Реутов А.А. Моделирование приводов ленточных конвейеров: [Текст]+[Электронный ресурс]: монография / А.А. Реутов,- Брянск: БГТУ, 2011. - 152 с.
3. Лагереv А.В. Моделирование рабочих процессов и проектирование многоприводных ленточных конвейеров: монография / А.В. Лагереv, Е.Н. Толкачев, К.А. Гончаров. – Брянск: РИО БГУ, 2017. – 384 с.

### АНАЛИЗ АНТИОБЛЕДЕНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОБЪЕКТОВ ЖКХ

Третьяков Алексей Вячеславович, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: 3retiy97@mail.ru

Научный руководитель - Халин Михаил Васильевич, д.т.н., профессор, e-mail: temf@yandex.ru  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены вопросы организации антиобледенительных систем для зданий и сооружений. Определены преимущества и недостатки наиболее известных устройств. Предложена антиобледенительная система обогрева крылец на базе многоэлектродных композиционных электрообогревателей. Выполнен сравнительный анализ рассмотренных вариантов.*

**Ключевые слова:** ликвидация гололедных явлений, эффективный метод, обледенение, греющие дорожки, многоэлектродный композиционный электрообогреватель.

Существующие в настоящее время средства ликвидации гололедных явлений трудоемки, энергоемки или обладают побочными эффектами, ни один из них нельзя назвать оптимальным. Разработки с целью создания удобного, безопасного и эффективного метода устранения обледенения и заснеживания крылец и дорожек постоянно совершенствуются. Одним из предложений в решении данных проблем является обустройство греющих дорожек, подходов к зданиям и крылец.

Мобильная греющая дорожка представляет собой противоскользкое покрытие из сверхпрочного материала, между слоями которого расположены греющие элементы. Инфракрасный нагревательный элемент запрессован между двумя плоскостями резинового концентрата полиуретана, что обеспечивает ему надежную защиту от механических повреждений (рисунок 1) [1].

К недостаткам использования греющих дорожек можно отнести:

- отсутствие саморегулирования, что влечет неоправданно большие энергозатраты при эксплуатации (300...400 Вт/м<sup>2</sup>);
- высокая стоимость (от 7500 руб/м<sup>2</sup>);
- незащищенность от значительных механических нагрузок.



Рисунок 1 – Внешний вид греющей дорожки и нагревательного элемента

Другим эффективным решением борьбы с гололедом являются конструкции на основе резиновых ковриков HeatTrack (рисунок 2) [2].

Коврик с подогревом HeatTrack представляет конструкцию из плёночного нагревательного элемента, завулканизированного между слоями нескользящей резины, и может использоваться для обогрева подходов к зданиям и ступеней крылец.

Недостатками ковриков HeatTrack являются:

- напряжение питания 120 В, что требует последовательного включения изделий и снижает надежность их работы;
- незначительная толщина изделия (6,3 мм) не обеспечивает достаточных аккумуляющих свойств, а также высокую надежность к механическим воздействиям.



Рисунок 2 – Внешний вид коврика с подогревом HeatTrack

Одним из средств подогрева дорожек и подходов к зданиям являются нагревательные маты фирмы DEVI. Нагревательный мат Devimat представляет собой нагревательный кабель, уложенный на самоклеящуюся сетку (рисунок 3) [3].

Маты производятся в рулонах, что делает их удобными в установке и эксплуатации. Однако эта конструкция имеет существенные недостатки: вход и выход греющего кабеля разнесены для подключения к питающей сети; конструкция не защищена от механических воздействий и не предполагает стационарного использования.

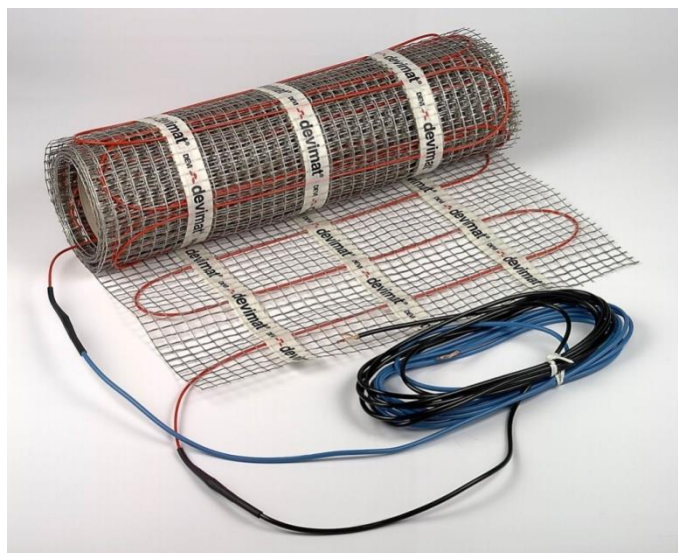


Рисунок 3 – Внешний вид нагревательного мата Devimat

Наиболее перспективными элементами антиобледенительных систем являются многоэлектродные композиционные электрообогреватели (МКЭ) пластинчатой формы неразборной конструкции, выполненные из бутилкаучука и содержащие электропроводящий слой, завулканизированный в изоляционную оболочку с токоподводящими электродами и кабелем [4].

Применение МКЭ для обогрева крылец зданий поясняется рисунком 4.

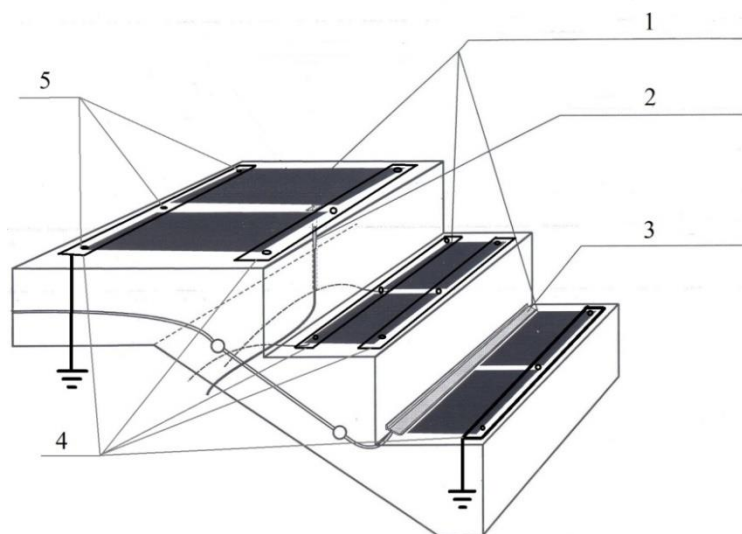


Рисунок 4 - Подогрев крылец с использованием МКЭ: 1 - электрообогреватель МКЭ - 1/2; 2 - датчик наличия влаги; 3 - алюминиевый порог; 4 - крепёжные пластины; 5 - болты

Преимущества предложенной системы обогрева крылец заключаются в следующем:

- класс защиты от поражения электрическим током – 0;
- степень защиты от доступа к опасным частям, попадание твердых предметов, воды – IP57;
- продолжительный режим работы в кислотно-щелочной среде;
- используется энергоэффективный поверхностно-распределенный обогрев с саморегулированием.

С учетом вышеизложенного, рассмотренные варианты обустройства антиобледенительных систем могут быть использованы для объектов ЖКХ, однако, предпочтительнее использовать системы на базе электрообогревателей МКЭ.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ФлексиХИТ Популярно о тепловых технологиях [Электронный ресурс] // URL: <https://blog.flexyheat.ru/mobilnye-greynushhie-dorozhki-effektivnaya-i-praktichnaya-borba-s-gololedom-i-snegom/> (дата обращения 06.04.2022)
2. Коврик с подогревом HeatTrack перед входом в дом: [Электронный ресурс] // Forumhouse. URL: <https://www.forumhouse.ru/articles/other/3273>. (дата обращения: 06.04.2022)
3. Devi: [Электронный ресурс] // Bydanfoos. URL: <https://www.danfoss.com/en/products/dhs/electric-heating-mats/#tab-overview> (дата обращения: 06.04.2022)
4. Руководство по эксплуатации Многоэлектродные композиционные электрообогреватели (МКЭ). № Г. Р. 004026 / М.В. Халин. - Барнаул, 2003. - 24 с.

## РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ КОММУТАЦИИ НЕСКОЛЬКИХ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Хоренко Павел Евгеньевич, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: [hpe2000@yandex.ru](mailto:hpe2000@yandex.ru)

Научный руководитель - Стальная Мая Ивановна, к.т.н., профессор, e-mail: [stalnaya.m.i@mail.ru](mailto:stalnaya.m.i@mail.ru)  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены электрохимические процессы, в частности электролиз, как один из важнейших электрохимических процессов. Описаны способы применения электролиза в промышленности. Описана проблема коммутации нескольких электрохимических процессов на предприятиях России. Поставлена задача по разработке коммутатора с системой автоматического управления, обладающего необходимыми характеристиками и параметрами.*

**Ключевые слова:** электрохимические процессы, электролиз, коммутатор, система автоматического управления, полупроводниковый элемент

Электрохимические процессы - это процессы взаимного превращения электрической формы энергии в химическую и наоборот [1]. К электрохимическим процессам относятся электролиз, гальванотехника, которая подразделяется на гальваностегию и гальванопластику, анодирование и другие. Одним из наиболее важных электрохимических процессов является электролиз. Электролиз – это электрохимический процесс, который состоит в выделении на электродах составных частей растворённых веществ или других веществ, являющихся результатом вторичных реакций на электродах, который происходит при прохождении электрического тока через раствор либо расплав электролита [2]. Электролиз широко используют в промышленности для выделения и очистки металлов, получения щелочей, хлора, водорода. Есть вещества, например, алюминий, магний, натрий, титан, которые можно получить в чистом виде только с помощью электролиза. Важной отраслью применения электролиза является защита металлов от коррозии, при которой на поверхность одного металла наносится тонкий слой другого металла, который устойчив к коррозии, обычно с этой целью используют хром, медь, серебро, золото. Широко распространены золочение и серебрение столовых приборов.

При воздействии электрической энергии возможно прохождение химических реакций, которые в обычных условиях неосуществимы. При этом может меняться химический состав веществ. Есть и обратные процессы, когда при прохождении химических реакций разложения выделяется электроэнергия, это используется в аккумуляторах.

В России есть предприятия, на которых происходит одновременно несколько электрохимических процессов, причем в одном цехе могут происходить, например, как электролиз, так и гальванопластика. Однако различные электрохимические процессы имеют разную длительность протекания, а некоторые из них протекают строго определенное время, а неточность может привести к ухудшению качества получаемого вещества или изделия. Поэто-

му повышаются требования к коммутации таких процессов, коммутация должна происходить быстро, точно, одновременно должны коммутироваться несколько электрохимических процессов. Также испарения химических веществ могут пагубно сказаться на находящихся поблизости людях, что затрудняет управление производственным процессом и вынуждает искать пути решения задачи по упрощению данного управления, в частности, создавать системы автоматического управления, а также располагать их в помещениях, удаленных от самих процессов, чтобы обеспечить безопасность персонала.

В связи с вышесказанным, актуальной является задача по разработке многопозиционного коммутатора с системой автоматического управления и возможностью раздельной коммутации отдельных процессов. При этом устройство должно обладать высокими показателями быстродействия, надежности, точности, что возможно достичь при использовании полупроводниковых элементов, обладающих требуемыми качествами. В настоящее время ведется успешная работа по разработке схемы устройства, способного решить поставленную задачу и удовлетворяющего вышеописанным условиям.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Электрохимические процессы [Электронный ресурс] / natalibrilenova.ru – Режим доступа: <https://natalibrilenova.ru/elektrohimicheskie-protsessyi/>
2. Электролиз [Электронный ресурс] / wikipedia.org – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Электролиз>

#### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МОТОРНОГО ДРОССЕЛЯ В СИСТЕМЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТНЫЙ – АСИНХРОННЫЙ ДВИГАТЕЛЬ

Шумский Денис Валерьевич, бакалавр кафедры «Электротехника и автоматизированный электропривод», e-mail: [d\\_shumskiy@mail.ru](mailto:d_shumskiy@mail.ru)

Научный руководитель - Стальная Мая Ивановна, к.т.н., профессор, e-mail: [stalnaya.m.i@mail.ru](mailto:stalnaya.m.i@mail.ru)  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Рассмотрены возможности применения моторных дросселей для понижения и исключения влияния различных помех, возникающих во время работы тиристорного частотного преобразователя, управляющего асинхронным электродвигателем переменного тока. Приведены основные сложности эксплуатации частотного преобразователя и показаны варианты, в которых использование моторного дросселя будет являться эффективным.*

**Ключевые слова:** частотный преобразователь, асинхронный электродвигатель, моторный дроссель, фильтр, условия использования.

В последнее время в нашей стране становится популярным использование частотных преобразователей для плавного регулирования скорости вращения асинхронного электродвигателя. Многие старые и только строящиеся производства переходят на данный тип регулирования для повышения эффективности работы двигателей. Любые сложные электронные устройства имеют свои недостатки или условия для правильной работоспособности. Частотный преобразователь не исключение. Его эффективное использование влечет за собой специфические сложности.

Одной из таких сложностей является электрическая связь между самим двигателем и тиристорным преобразователем частоты. А именно, перенапряжения, наводимые токи и помехи в силовой линии между ними. Данной сложности, возможно избежать, если расстояние между системой регулирования вращения двигателя и самим АД будет минимально или в рекомендуемых производителями пределах. Но на некоторых производствах невозможно обеспечить малое расстояние, так как многие системы управления находятся в одном или нескольких основных пунктах управления. Кроме того, невозможно поставить где угодно пункт с частотным преобразователем, так как он требует определенных условий использования, таких как: определенная температура помещения, отсутствие запыленности, различных

газов, примесей в воздухе, которые могут проводить электричество, частиц масла в помещении и химических отходов в микрочастицах пыли. Данные условия могут гарантировать большее время эксплуатации оборудования, намного меньшей возможности поломки из-за засорения платы электропроводящим мусором или возможности его возгорания и нанесения вреда системе управления тиристорного преобразователя. Любые отклонения от рекомендованных производителем могут привести к преждевременному выходу из строя оборудования [1]. Поэтому, на большом производстве для получения нужных условий частотный преобразователь и система управления могут находиться на достаточно далеком расстоянии от самих двигателей, которые они регулируют. И вот тут возникает проблема в передаче электрической энергии на большие расстояния, чем предлагает производитель, так как существуют перенапряжения в длинных линиях и сам преобразователь выдает ШИМ сигнал, который сопровождается возникновением высших гармоник, а также наведения токов из окружающей среды, так как на предприятии может быть большое количество электрических проводников и высокой загрузки радиочастот [2]. Для таких случаев существуют различные электрические устройства, такие как синусовые фильтр и  $dU/dt$  фильтр. Но они имеют высокую стоимость и низкую надежность. Одним из возможных аналогов данных устройств может являться менее дорогой и более надежный моторный дроссель, который рекомендуют использовать сами производители ПЧ. Вид моторного дросселя представлен на рисунке 1. Но данный вариант использования в системе с асинхронным двигателем мало изучен [3].



Рисунок 1 – Моторный дроссель

В связи с вышесказанным, актуальной становится проблема исследования режимов работы системы ПЧ-АД с использованием моторного дросселя. Данное направление в исследованиях поможет определить эффективность использования моторного дросселя, как фильтра для передачи энергии от преобразователя чистоты до используемого двигателя.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Частотный преобразователь (электропривод) [Электронный ресурс] / wikipedia.org – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Частотный\\_преобразователь\\_\(электропривод\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Частотный_преобразователь_(электропривод))
2. Жежеленко И.В. Высшие гармоники в системах электроснабжения предприятий [Текст]. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 160 с., ил.
3. Входные и выходные фильтры для частотного преобразователя - назначение, принцип действия, подключение, особенности [Электронный ресурс] / electricalschool.info – Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/1970-vkhodnye-i-vykhodnye-filtry-dlja.html>



## СЕКЦИЯ «ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ МАШИНОСТРОЕНИЕ»

### ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ КАК АЛЬТЕРНАТИВНОЕ ТОПЛИВО

Живоглазова Юлия Владимировна, студент гр. ЭМ-91 кафедры КиРС,  
e-mail:yulia.jivoglazova@yandex.ru

Дружинин Дмитрий, студент ЭМ-91 кафедры КиРС, e-mail:Harlock3D@yandex.ru  
Научный руководитель - Таймасов Дмитрий Рашидович, старший преподаватель,  
e-mail:hames@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Выявлены перспективы использования ТБО, преимущества и недостатки данного топлива. Продемонстрированы компоненты ТБО и их энергетическая ценность. Приведена статистика использования альтернативного топлива по России и миру. Проведён анализ популярных методов решений д проблемы в других странах и доступных источников информации.*

**Ключевые слова:** ТБО, топливо, отходы, сжигание, экология.

Твердые бытовые отходы - одна их главных экологических проблем современности. Потребление с каждым годом увеличивается, а пропорционально ему растёт количество отходов.

В России ежегодно производится около 6,2 млрд. тонн всех видов отходов. Количество твердых бытовых отходов составляет 63 млн. т/год (в среднем 445 кг на человека). Состав ТКО: бумага и картон - 35 %, пищевые отходы - 41 %, пластмассы - 3 %, стекло - 8 %, металлы - 4 %, текстиль и другое - 9 %. В среднем перерабатывается 10 - 15 % отходов. Твёрдые бытовые отходы подвергаются переработке только на 3 - 4 %, промышленные - на 35 %. В основном отходы свозится на мусорные полигоны - их в России около 11 тысяч. В них захоронено около 82 млрд. т отходов [1].

С каждым годом отходов от бытовой деятельности становится больше и для них отводятся большие площади под полигоны. Они в свою очередь служат источниками загрязнения окружающей среды токсичными элементами и соединениями (Ni, Pb, Sr, Cr, Zn и др.). Именно поэтому в последнее время учёные всего мира ищут эффективные способы утилизации от мусора. Одним из таких способов является сжигание.

Преимущества и недостатки использования данного вида утилизации:

#### **Преимущества:**

- Сокращение площадей, отдаваемых под захоронение ТБО;
- Утилизация отходов, которые не подлежат вторичной переработке;
- Экономия традиционного топлива, используемого на электростанциях.

#### **Недостатки:**

• Сжигание мусора конкурирует с сокращением объема ТБО за счёт осознанного потребления.

• Строительство установки для сжигания отходов с получением тепла и электроэнергии обходится дорого.

Во многих странах мира энергетическая утилизация отходов - это важный элемент системы утилизации отходов.

По данным «Конфедерации европейских заводов по производству энергии из отходов» в 2018 году доля сжигаемых отходов, с целью получения энергии, составила в странах ЕС примерно 28%. Лидеры в области получения энергии из отходов страны: Финляндия (57%), Швеция (53%), Дания (51%)[1].

ТЭЦ на таком виде топлива не сжигает сразу отходы с ближайшей свалки, есть целая система по производству RDF(Refuse derived fuel - топливо, полученное из отходов) - топлива, основное правило которого- сортировка отходов. На этом этапе все отходы, способные выделять при сжигании токсичные вещества, удаляются.

Перед тем, как отходы отправляются в мусоросжигательный завод (далее МСЗ), происходит сортировка мусора на пригодный к вторичному использованию, непригодные к сжиганию и пригодные к сожжению. Сжигаемые отходы проходят взвешивание, проверку на радиационный фон и становятся на учёт, после чего отправляются в приемный бункер-накопитель. Из бункера отходы поступают в котёл, где и проходят двухэтапное сжигание. На первом этапе «топливо» сгорает при температуре 1260 °С, что позволяет сжечь все вредные вещества, включая ядовитые диоксины.

На втором этапе дымовые газы, полученные на первом этапе, проходят вторичную термическую обработку в камере дожига газовых выбросов при температуре выше 850 °С, что позволяет убрать вредные вещества, которые могли остаться после первого этапа. Дымовые газы на этом этапе обрабатываются специальным раствором карбамида для полного очистки дымовых газов от органических соединений.

На сегодняшний день в мире используется три основных способа сжигания твердого топлива: вихревой, факельный и слоевой. Для сжигания ТБО больше подходит - слоевой, так как они просты в эксплуатации, не требуют больших объемов топки, могут работать при значительных колебаниях тепловой нагрузки, отличаются относительно небольшим расходом энергии на собственные нужды.

Среди технологий слоевого сжигания можно выделить сжигание на колосниковой решетке и в кипящем слое. Последняя, позволяет работать с почти любыми видами топлива, кроме пылевидного. Но из-за того, что строительство и дальнейшая эксплуатация топок с использованием технологии сжигания в кипящем слое очень дорогая, она целесообразна только на мощных энергетических котлах с давлением 100 бар и выше, т.е. преимущественно на крупных ТЭЦ [2].

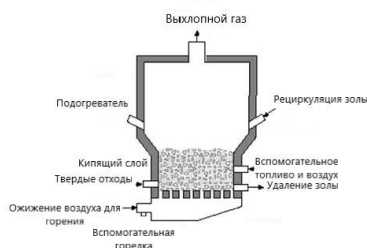


Рисунок 1- Схема системы кипящего слоя [4]

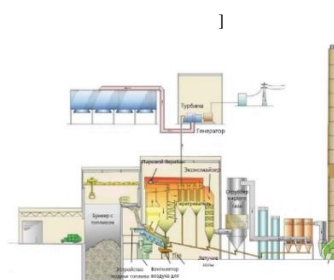


Рисунок 2 - Схема современной системы с колосниковой решёткой [4]

При сжигании одной тонны отходов можно получить 1300-1700 кВт×ч тепловой энергии или 300-550 кВт×ч электроэнергии [3]. Данные топки подходят для сжигания топлива разного состава, высокой влажности и высокой зольности, позволяют использовать смеси нескольких видов топлива, что делает их достаточно универсальными.

Таблица 1 -Характеристики материалов, используемых в качестве альтернативного топлива [5]

№ п/п	Материал	Теплотворность Q, ккал/кг	Влажность W, %	Зольность A, %
1	RDF из смеси полимеров и бумаги из ТБО	4300-4800	15-20	10-22
2	Полимеры ВД, НД, ПП чистый	9500	-	0,5-2
3	Бумага из ТБО	3950	20-30	8
4	Картон из ТБО	3220	20-30	8
5	ТБО	От 1800	30-50	До 30
6	Автомобильные покрышки	7650	-	7 (резина)
7	Торф	2600	40	11

Продолжение таблицы 1

№ п/п	Материал	Теплотворность Q, ккал/кг	Влажность W, %	Зольность A, %
8	Тростник	4109	9,85	2,6
9	Древесные опилки	4587	6,53	1,4
10	Гранулы из рапсовой соломы	3848	10,8	5,2
11	Брикеты/гранулы из конского навоза с опилками	4321	7,83	3,5
12	Куриный помёт	3823	73	9,4
13	Гранулы из шелухи подсолнуха	4819	8,22	5,64

Проводя данное исследование, видно, что в России сжигание ТБО находится в зачаточном уровне. Перспективы использования в РФ ТБО большие, но отсутствует мотивация в использовании вторичных энергетических ресурсов. При помощи законодательных документов, направленных на существенное сокращение полигонного захоронения раздельного сбора мусора, возникнет повышение заинтересованности энергетических компаний в развитии возобновляемых источников энергии.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Твёрдые бытовые отходы//Википедия – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D1%91%D1%80%D0%B4%D1%8B%D0%B5\\_%D0%B1%D1%8B%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5\\_%D0%BE%D1%82%D1%85%D0%BE%D0%B4%D1%8B](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B2%D1%91%D1%80%D0%B4%D1%8B%D0%B5_%D0%B1%D1%8B%D1%82%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5_%D0%BE%D1%82%D1%85%D0%BE%D0%B4%D1%8B)
2. Энергия из отходов: новейшие технологии против мусора – 28.02.2019//Ростек – URL: <https://rostec.ru/news/energiya-iz-otkhodov-zelenye-tehnologii-protiv-musora/>
3. Использование тепловой и электрической энергии мусоросжигающих заводов в энергобалансе региона//Энергосовет – URL: <http://www.energsovet.ru/entech.php?idd=49>
4. Обзор технологий отходы-в-энергию – 19.05.2021//Waste to Energy International/Igor Gergel - URL: <https://wteinternational.com/ru/news/waste-to-energy-technologies-overview/>
5. Производство, сушка и грануляция альтернативных топлив из отходов (RDF/SRF) – URL: <https://a-r-c.ru/rdf-2/>

#### РАСЧЕТ КУЛАЧКОВОГО МЕХАНИЗМА ПРИВОДА ТНВД С ПОНИЖЕННЫМИ НАГРУЗКАМИ

Каргин Виктор Андреевич, магистрант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания»,  
e-mail: v1ktorkargin@yandex.ru

Научный руководитель - Свистула Андрей Евгениевич, д.т.н., профессор,  
e-mail: svistula\_ae@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Показана возможность применения дезаксиала в механизме привода топливного насоса высокого давления. Приведена математическая модель расчета кинематических характеристик для тангенциального кулачкового профиля с дезаксиалом.*

**Ключевые слова:** кулачковый механизм, дезаксиал, кулачковый профиль, тангенциальный профиль, перемещение плунжера.

При стремлении создать топливную систему с повышенными давлениями впрыска возникает рост нагрузок на все ее детали и, в том числе, на кулачковый механизм привода плунжеров топливного насоса, поскольку именно давление топлива определяет нагрузки в данных системах [1-3].

Важным параметром кулачкового профиля является величина  $\gamma_{\max}$  максимального угла давления на рабочем участке кулачка, во многом определяющая эффективность, надежность и долговечность работы механизма. Действительно, при одних и тех же значениях внешней нагрузки сила, действующая со стороны кулачка на ролик толкателя, и движущий момент на оси кулачка зависят от максимального угла давления в паре кулачок-ролик толкателя. Возрастание максимального угла давления приводит к росту контактных напряжений в паре кулачок-ролик толкателя. С увеличением угла давления уменьшается КПД механизма, ухудшаются условия его работы, вплоть до заклинивания. Поэтому максимальное значение угла давления определяет максимальную величину силы, действующей со стороны кулачка на толкатель и, следовательно, величину удельного давления в паре толкатель-корпус, а также максимальный движущий момент и мгновенный КПД механизма. Габариты кулачкового механизма также зависят от величины максимального угла давления [3].

Известно, что, снизить  $\gamma_{\max}$  можно введением в конструкцию дезаксиала [3]. Для проверки влияния дезаксиала в работе [3] был использован графический метод построения графика перемещения плунжера и его последующее графическое дифференцирование для получения графиков скоростей и ускорений одного из ТНВД. Исследование показало, что дезаксиал снижает  $\gamma_{\max}$  и максимальную скорость плунжера  $V_{\max}$ .

В представленной работе и работе [3] рассматривается тангенциальный кулачковый профиль, так как он обеспечивает довольно высокую скорость нарастания давления и при этом наиболее прост и дешев в изготовлении.

Угол  $\gamma_{\max}$ , являясь геометрическим параметром, должен зависеть от конструктивных размеров и геометрических характеристик, которые являются исходными при проектировании (даже в механизмах без дезаксиала).

На практике процесс впрыска может начинаться при нахождении ролика на тангенциальном участке профиля кулачка, а заканчиваться – на радиусе скругления. Поэтому, для исследования необходимо иметь математическую модель перемещения ролика вдоль оси плунжера на тангенциальном участке и радиусе скругления.

На рисунке 1 представлена схема движения ролика по тангенциальному участку кулачка. Из рисунка видно, что функцией перемещения ролика вдоль оси плунжера является координата  $x$ . Именно ее нужно знать в любой момент времени для определения текущего положения ролика (его перемещения).

Для пояснения следует отметить, что перемещение ролика и плунжера равны, ибо они вместе совершают движение вдоль оси  $x$  ( $x$ -ось плунжера). На рисунке плунжер не показан.

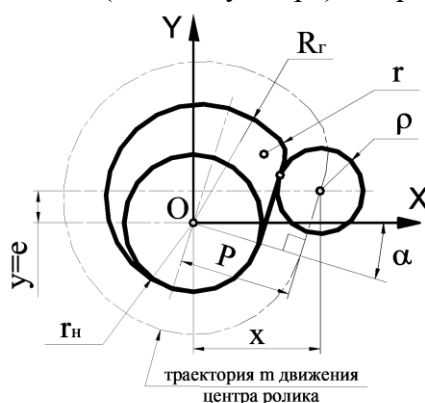


Рис. 1

Получим функцию перемещения плунжера из решения системы уравнений (1), в которой первое - уравнение траектории  $m$  движения центра ролика в нормальном виде (для тангенциального участка); второе-уравнение дезаксиально расположенной оси плунжера в нормальном виде. Вид уравнения прямой в нормальном виде заимствован из источника [1]. Очевидно, что, именно, решение (пересечение) этих двух уравнений дает искомую координату  $x$ .

Решением системы (1) является уравнение (2) - функция перемещения плунжера на тангенциальном участке профиля.

Функции скорости (3) и ускорения (4) получаем после дифференцирования выражения (2).

Таким образом, получена математическая модель кинематики плунжера на тангенциальном участке профиля кулачка:

$$\begin{cases} x \cos \alpha + y \sin \alpha - P = 0 \\ y = e \end{cases} \quad (1),$$

где  $x$  и  $y$  - текущие координаты центра ролика;

$P = r_n + \rho$ , где  $r_n$  - радиус начальной окружности,  $\rho$  - радиус ролика;

$\alpha$  - текущий угол поворота кулачка,  $e$  - дезаксиал.

$$x = \frac{P}{\cos \alpha} - e \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad (2)$$

$$v = \frac{dx}{d\alpha} = \omega \frac{P \cdot \sin \alpha + e}{\cos^2 \alpha} \quad (3),$$

где  $v$  - скорость плунжера,  $\omega$  - угловая скорость вращения кулачка.

$$j = \frac{d^2x}{d\alpha^2} = [P(1 + \sin^2 \alpha) + 2e \cdot \sin \alpha] \cdot \frac{\omega^2}{\cos^3 \alpha} \quad (4),$$

где  $j$  - ускорение плунжера.

На рисунке 2 представлена схема движения ролика по участку скругления кулачка. Из рисунка видно, что функцией перемещения ролика вдоль оси плунжера является координата  $x$ . Именно ее нужно знать в любой момент времени для определения текущего положения ролика (его перемещения) на этом участке.

Получим функцию перемещения плунжера из решения системы уравнений (5), в которой первое - уравнение траектории (дуги с центром в точке  $A$ )  $m$  движения центра ролика (для участка скругления); второе - уравнение дезаксиально расположенной оси плунжера.

Очевидно, что именно решение (пересечение) этих двух уравнений дает искомую координату  $x$ .

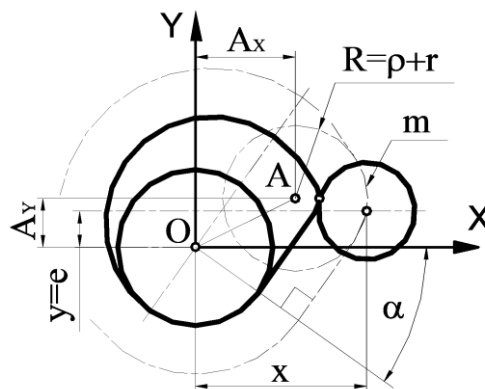


Рис. 2

$$\begin{cases} (x - A_x)^2 + (y - A_y)^2 = R^2 \\ y = e \end{cases} \quad (5),$$

где  $x$  и  $y$  - текущие координаты центра ролика;  $A_x$  и  $A_y$  - текущие координаты точки  $A$ , которые всегда можно определить;  $R = \rho + r$ , где  $r$  - радиус скругления.

Решением системы (5) является уравнение (6):

$$x = A_x + \sqrt{R^2 - (e - A_y)^2} \quad (6)$$

После дифференцирования и ряда преобразований выражения (6) получаем зависимости скорости (7) и ускорения (8) плунжера:

$$v = \frac{dx}{d\alpha} = \omega \cdot [B_1 - B_2 \cdot B_3 \cdot B_4] \quad (7),$$

$$\text{где } B_1 = x_A \cdot \sin(\alpha) + y_A \cdot \cos(\alpha);$$

$$B_2 = \frac{1}{\sqrt{(\rho+r)^2 - [e - y_A \cdot \cos \alpha + x_A \cdot \sin \alpha]^2}};$$

$$B_3 = e - y_A \cdot \cos \alpha - x_A \cdot \sin \alpha;$$

$$B_4 = -y_A \cdot \sin \alpha + x_A \cdot \cos \alpha,$$

$$\text{где } x_A = r_n - r, \quad y_A = \sqrt{(R_e - r)^2 - (r_n - r)^2}.$$

$$j = \frac{d^2x}{d\alpha^2} = \omega^2 \cdot [C_1 - C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 - C_5 \cdot C_6 - C_7 \cdot C_8] \quad (8),$$

$$\text{где } C_1 = -x_A \cdot \cos \alpha + y_A \cdot \sin \alpha;$$

$$C_2 = \frac{1}{\sqrt{[(\rho+r)^2 - (e - y_A \cdot \cos \alpha - x_A \cdot \sin \alpha)^2]^3}};$$

$$C_3 = (e - y_A \cdot \cos \alpha - x_A \cdot \sin \alpha)^2 \cdot (-y_A \cdot \sin \alpha + x_A \cdot \cos \alpha);$$

$$C_4 = -y_A \cdot \sin \alpha + x_A \cdot \cos \alpha;$$

$$C_5 = \frac{1}{\sqrt{(\rho+r)^2 - (e - y_A \cdot \cos \alpha + x_A \cdot \sin \alpha)^2}};$$

$$C_6 = (-y_A \cdot \sin \alpha + x_A \cdot \cos \alpha) \cdot (-y_A \cdot \sin \alpha + x_A \cdot \cos \alpha);$$

$$C_7 = \frac{1}{\sqrt{(\rho+r)^2 - (e - y_A \cdot \cos \alpha + x_A \cdot \sin \alpha)^2}};$$

$$C_8 = (e - y_A \cdot \cos \alpha - x_A \cdot \sin \alpha) \cdot (y_A \cdot \cos \alpha + x_A \cdot \sin \alpha).$$

Таким образом, получен алгоритм расчета кинематики плунжера на тангенциальном участке и участке скругления для дезаксиального кулачкового механизма ТНВД.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Данко П. Е., Попов А.Г. Высшая математика в упражнениях и задачах. Ч. 1. Изд. 2-е. Учеб. Пособие для вузов. М.: Высш. Школа, 1974. - 416 с., с ил.

2. Таусенев Е. М. Повышение давлений впрыска как один из факторов, обеспечивающих противоречивые требования к дизелю / Повышение экологической безопасности авто-тракторной техники: Сб. статей /Под ред. д. т. н., профессора, академика РАТ А. Л. Новоселова / Российская академия транспорта, АлтГТУ им. И. И. Ползунова. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2003. – 136. С. 103 – 107.

3. Таусенев Е.М. Снижение контактных напряжений в паре кулачок-ролик толкателя и удельного давления в паре толкатель-корпус применением дезаксиала в кулачковом механизме ТНВД / Наука производству // 61-я научно-техническая конференция студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава технического университета. Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова - Барнаул изд-во АлтГТУ, 2003. – 136 с. С. 101-102.

## ПРИМЕНЕНИЕ 3D-ПРИНТЕРА В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Кондырев Виталий Александрович, магистрант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», e-mail:vitalii\_kondyrev@mail.ru

Научный руководитель - Синицын Владимир Александрович, д.т.н., профессор, e-mail:prorektor\_agtu@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*Показано практическое применение систем твердотельного моделирования для создания стержней литейного производства. Приведены фотографии 3D-моделей стержней и напечатанные стержни по ним на 3D-принтере. Указаны характеристики исходных составов и составов, используемых в 3D-принтере. Приведены преимущества и недостатки перспективной технологии получения песчаных стержней для литейного производства.*

**Ключевые слова:** 3D-принтер, песчаные стержни, литейное производство, CAD-система, отливка

В последнее время для преодоления технологических ограничений и ускорения сроков проектирования и производства мировые лидеры машиностроения активно внедряют аддитивные технологии. Создание литейных форм методами послойного синтеза позволяет обойти технологические ограничения традиционных способов и сократить производственную цепочку, отказавшись от таких операций, как изготовление мастер-модели из металла или композитных материалов, изготовление литниковой системы и прибылей, формовка частей формы (установка мастер-модели и литниковой системы в опоку и засыпка смесью). Это приводит к сокращению времени производства и снижению на порядок стоимости формы.

3D-принтер создает литейную форму сразу по цифровой модели. Такая модель разбивается на слои и передается в 3D-принтер, в котором отвердитель наносится согласно цифровой модели литейной формы на предварительно подготовленный слой песчаной смеси. В результате в зоне построения создается отвержденная часть песчаной смеси, точно повторяющая цифровую модель.

На входе имеется STL-файл, загружаемый в компьютер принтера. Далее автоматика разбивает файл на слои, подает их на систему управления, определяет необходимое количество катализатора и смолы, время замеса песка и оптимизирует процесс построения. Управление принтером осуществляется как с выносной консоли принтера, так и по удаленному доступу [1].

Достоинства:

- Выполнение стержней и цельных литейных форм любой сложности.
- Высокая точность изделия ( $\approx 200$  мкм, среднее значение, зависящее от производителя).
- Достаточная прочность без необходимости использования армирующей проволоки.
- Отсутствие необходимости склеивания отдельно полученных стержней.
- Возможность создать одноразовые литейные формы с малым отходом материалов.
- Отсутствие обжига после формовки: на выходе получается готовый к заливке металлом продукт.
- Меньшая газотворность.
- Отсутствие в специальном месте хранения большого числа ящиков разной номенклатуры.
- Возможность более быстрой подготовки производства к новым «опытным» деталям, посредством единичной печати различных видов оснастки. (Выпуск металлического изделия по стандартной технологии на современном отечественном предприятии занимает более шести месяцев. С внедрением в технологический процесс 3D-принтеров эти сроки сократились до двух-трех недель).

- Отсутствие необходимости в наличии технологических уклонов, необходимых для вынимания стержня из ящика и как следствие, большее соответствие по необходимой толщине стенки детали.

- Получение поверхности детали более высокого класса точности, за счет использования специального песка определенной фракции (однородности размера), и получения поверхности стержня посредством образования слоя отвердителя.

- Исключение «человеческого фактора».

Недостатки:

- Высокая стоимость оборудования (зависит от производителя: отечественный либо зарубежный), достигающая до нескольких миллионов евро (ExOne, Voxeljet - Германия).

- Необходимость использования строго определенных расходных материалов, на которые рассчитан принтер (например: связующее - смола; катализатор; песок кварцевый подготовленный для этого принтера; очиститель сопел печатающих головок).

- Высокая стоимость расходных материалов.

- Зависимость от поставок расходных материалов.

- Определенные условия к помещению и коммуникациям здания.

- Необходимость специализированного обучения персонала для работы на установке.

- Дорогостоящее периодическое техническое обслуживание, ремонт, запасные части.

- Большое время на разработку 3D-моделей, либо наличие 3D-сканера для существующей оснастки.

- Возможность передачи технологии в другое производственное помещение, либо другое предприятие, без передачи большого числа ящиков. Передача технологии ограничится 3D-принтером и носителем с данными для печати.

Опытные работы проводились на базе предприятия АО «Барнаултрансмаш». Для построения моделей использовалась программа T-FlexCAD [2].

Для сравнения качеств отливки при заливке опытной детали были использованы все стержни, напечатанные на 3D-принтере. Литье производилось в металлический разборный кокиль.

Результаты полученной внутренней геометрии детали:

- В программе T-FlexCAD

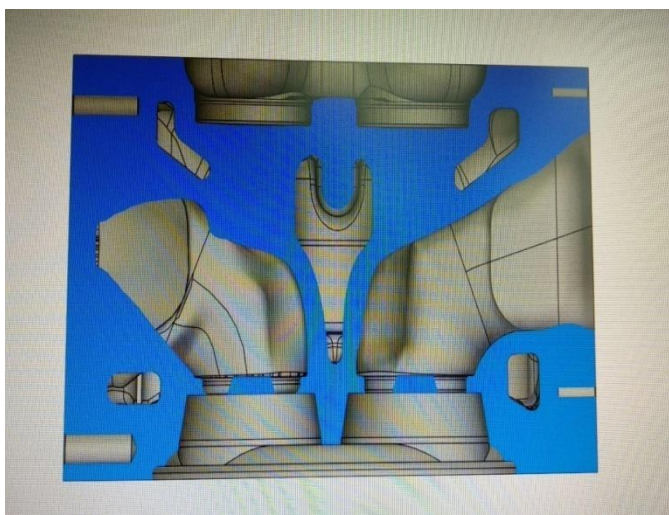


Рисунок 1 - Полученная геометрия внутренней полости головки блока в программе T-FlexCAD

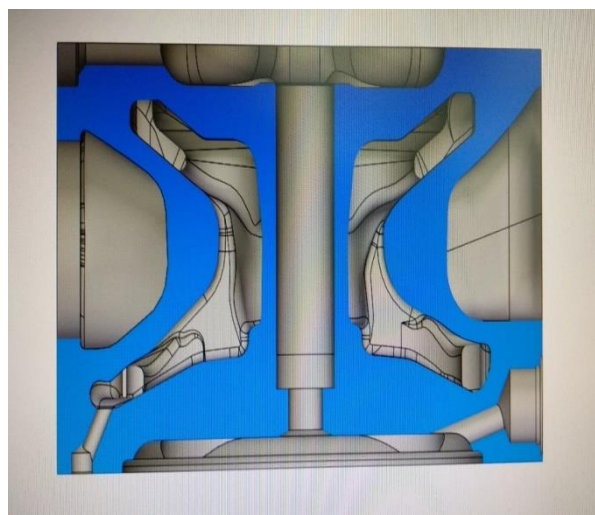


Рисунок 2 - Полученная геометрия внутренней полости головки блока в программе T-FlexCAD



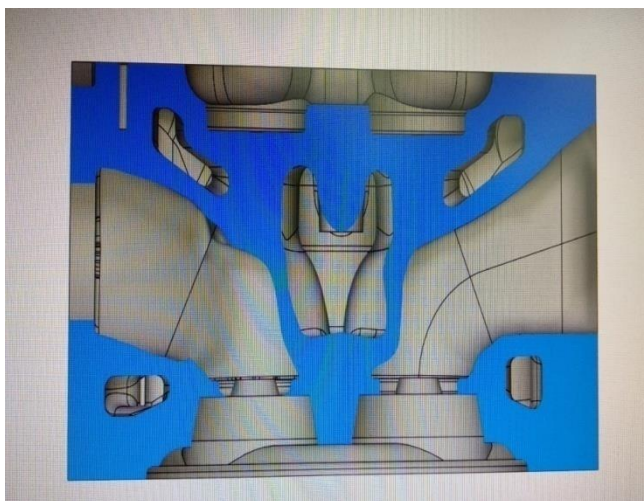


Рисунок 3 - Полученная геометрия внутренней полости головки блока в программе T-FlexCAD



Рисунок 4 - Полученная геометрия внутренней полости головки блока в отливке

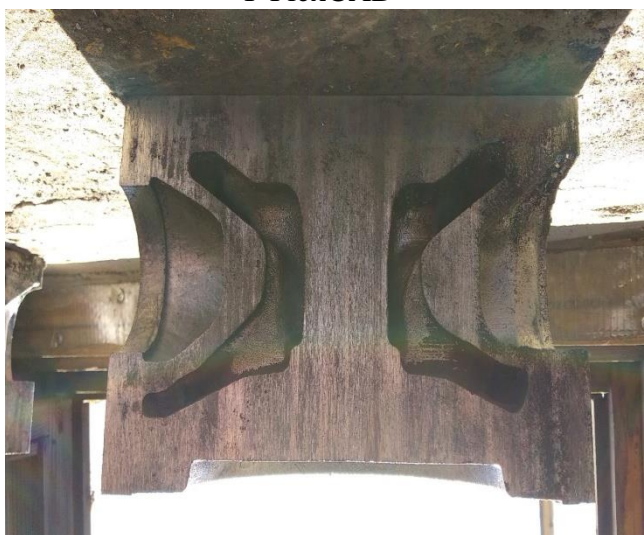


Рисунок 5 - Полученная геометрия внутренней полости головки блока в отливке



Рисунок 6 - Полученная геометрия внутренней полости головки блока в отливке

#### Выводы:

1. Улучшились качества отливки: увеличилась точность, уменьшилась шероховатость поверхности [3].
2. Появление пор и раковин не было выявлено.
3. Производительность получения стержней, за счет большой рабочей полости 3D-принтера увеличилась.
4. Масса стержней уменьшилась, за счет возможности добавления «пустот» в модель стержня.
5. Затраты на производство печатных стержней выше, так как используются специальные материалы, с четко оговоренными характеристиками для данного вида принтера.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технология производства литейных форм методом послойной 3D-печати /Д.Н. Бычковский, А.Г. Неткачев. – Санкт-Петербург, 2019. - URL: [https://dipaul.ru/news/tekhnologiya\\_proizvodstva\\_liteynykh\\_form/](https://dipaul.ru/news/tekhnologiya_proizvodstva_liteynykh_form/) (дата обращения: 05.12.2021).
2. Справка по T-FLEXCAD 17: Руководство пользователя. – Москва: ЗАО «Топ Системы», 2021. – 3080 с., ил.

3. ГОСТ Р 53464-2009. Отливки из металлов и сплавов: дата введения 2010-07-01. – Москва, 2010. – 51 с.

## УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Мамчур Константин Витальевич, аспирант кафедры «Двигатели внутреннего сгорания», e-mail:konstantin.mamchur@mail.ru

Научный руководитель - Балашов Андрей Алексеевич, д.т.н., профессор, e-mail:aa\_balashov10@mail.ru

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, г. Барнаул, Россия

*В предлагаемой статье рассматривается возможность увеличения эффективности двигателей внутреннего сгорания путем утилизации теплоты отработавших газов в теплообменных аппаратах. Представлены основные способы улучшения эффективных показателей двигателей за счет увеличения доли полезного используемого тепла из общего теплового потенциала. Приведено распределение потенциальной энергии топлива в когенерационных установках современных производителей.*

**Ключевые слова:** утилизация тепла, когенерация, комбинированное производство энергии, энергетическая установка, теплоснабжение.

Одним из основных направлений развития энергетического машиностроения является совершенствование производственных характеристик оборудования по совокупности параметров, обеспечивающих его максимальную эффективность в эксплуатации.

В свою очередь к исполнительным машинам, используемым в качестве приводов средств производства энергии, в частности электроэнергии, предъявляются все более высокие требования по повышению их эксплуатационных показателей, таких как экономичность в потреблении энергоресурсов, повышению агрегатной мощности, снижению затрат на обслуживание, максимальную эффективность по параметрам надежности и окупаемости.

Необходимость решения указанных проблем имеет непосредственное отношение к поршневым двигателям внутреннего сгорания, работающим на природном углеводородном топливе и остающимися в настоящее время основными источниками механической работы в различных видах энергетических установок.

В свою очередь к основным проблемам, требующим своего разрешения для улучшения показателей поршневых двигателей для достижения качественного улучшения эффективности, является увеличение доли полезной работы, совершаемой рабочим телом с соответствующим ростом технического уровня поршневой машины.

Одним из направлений достижения поставленной задачи, помимо собственного совершенствования рабочих процессов, реализуемых в поршневом двигателе, является максимальное использование высокого уровня теплосодержания отработавших продуктов сгорания в частности в поршневых турбоагрегатах силовых энергетических установок.

В целом, применение энергетических установок на базе поршневых двигателей внутреннего сгорания в мощностном диапазоне (100, 200, 315, 630, 1000 кВт) с учетом повышения агрегатной мощности до 5,0 МВт, при использовании многоагрегатных станций, технически обосновано и является оптимальным по параметрам экономической эффективности [1].

Эффективность применения автономных дизель-электрических агрегатов на базе поршневых двигателей для энергоснабжения отдельных разобщенных и труднодоступных населенных пунктов подтверждается сравнительным анализом использования централизованных источников энерго и теплоснабжения, транспортировки электрической и тепловой энергии, сопровождающейся значительными потерями стоимости вырабатываемой энергии [2, 3].

Использование традиционных котельных установок для энергообеспечения указанных районов малоэффективно по причинам относительно невысокого КПД, особенно в усло-

виях раздельного электро и теплоснабжения

При этом на эффективность топливо использования такого рода источников существенное влияние оказывает уровень загрузки, значительно снижающий КПД оборудования при эксплуатации на мощностях ниже номинальных.

Указанное подтверждается увеличенным в 2,5-3,0 раза расходом топлива на одного человека в жилищно-коммунальном секторе при одинаковом уровне благоустройства, для жителей малых населенных пунктов [4].

Направления совершенствования энергетической установки, в части повышения показателей эффективности, связаны с необходимостью совершенствования поршневого двигателя, используемого в качестве привода электроагрегата как источника получения энергии.

При этом известные пути совершенствования поршневого двигателя, направленные на улучшение эффективных показателей за счет увеличения доли полезно используемого тепла из общего теплового потенциала, такие как:

1) оптимизация термодинамического цикла за счет совершенствования смесеобразования и газообмена, параметров системы подачи топлива на линии высокого давления;

2) обеспечение термодинамически оптимальных степеней сжатия и коэффициентов избытка воздуха и т.д.;

3) сокращение совокупности механических потерь в кривошипно-шатунном и других механизмах с сокращением потерь на процессы газообмена;

4) применение относительно дешевых углеводородных топлив с расширенным фракционным составом, применение альтернативных видов топлива и т.д., сопряжены с необходимостью привлечения значительных финансовых затрат, требуют значительного времени на разработку и реализацию мероприятий и, имеют отношение к доработке основных компонентов и собственно двигателя.

Указанные мероприятия практически не могут быть реализованы на двигателях, запущенных в эксплуатацию.

Дальнейшее совершенствование поршневых двигателей в части оптимизации рабочего процесса и повышения достигнутых значений эффективного КПД ведется с целью выполнения ужесточающихся норм к выбросам вредных веществ в отработавших газах при обеспечении оптимальных удельных расходов топлива, снижению уровней шума и вибраций, повышению эксплуатационной надежности.

Приведенные выше возможные направления повышения эффективности по ряду указанных объективных обстоятельств на практике не могут быть использованы для существенного повышения эффективности энергетических установок.

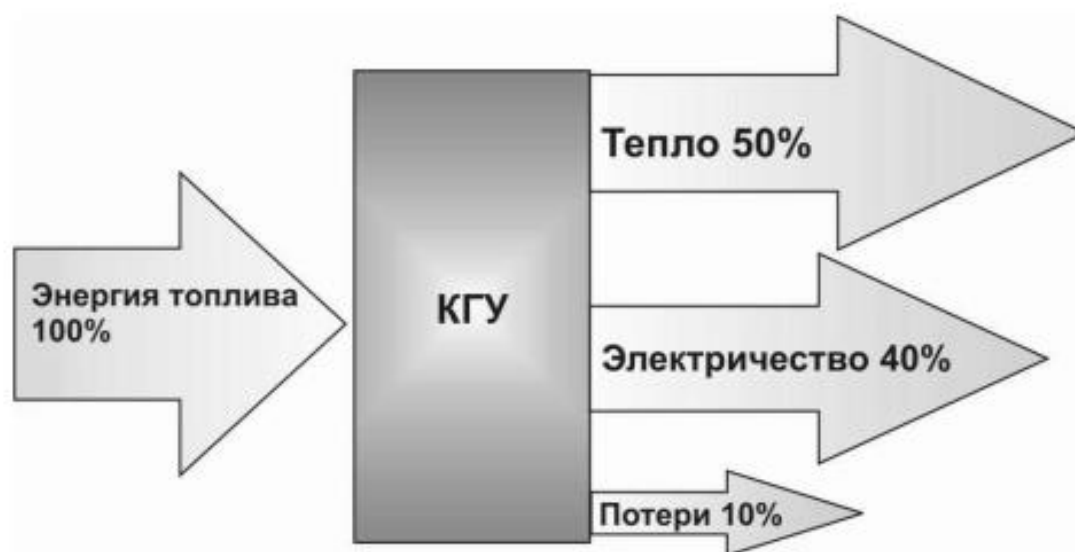


Рисунок 1 – Схема распределения энергии в когенерационной установке

На основании схемы распределения энергии в когенерационной установке (рисунок 1), можно сделать вывод, что целесообразно использовать для реализации поставленных целей компоненты тепла безвозвратно теряемого, рассеиваемого в атмосферу.

На основании теоретических знаний, методик расчета и при использовании соответствующего оборудования с современными теплотехническими характеристиками, может быть реализована эффективная схема утилизации тепла отработавших газов, охлаждающей жидкости и масла с повышением коэффициента использования энергии топлива до 90%. При этом значительно снижается удельный расход энергоносителей (газовое, дизельное, тяжелое топливо) на выработку того же количества тепловой и электрической энергии по сравнению традиционными способами раздельного производства электричества и тепла [5].

Таким образом, применение систем когенерации тепла на автономных электроустановках и использование их в качестве источников комбинированного производства тепловой и электрической энергии с высоким уровнем использования топлива подтверждает целесообразность применения этого типа установок для тепло и энергообеспечения в сравнении с традиционными источниками энергии.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Средства малой энергетики с поршневыми ДВС: учебно-научное пособие /под общ. ред. А.С. Антошкина [и др.]. - Барнаул: изд-во Агентство рекламных технологий, 2008. -361 с.
2. Гринац А.В. Автономные электростанции. Обзор, сравнение, ресурс, эксплуатация // Технологии третьего тысячелетия. 2001. №1. С. 16-18.
3. Кривов В.Г., Синатов С.А. Повышение эффективности дизельных энергоустановок путем утилизации отходящей теплоты // Двигателестроение. 1979. №10. С. 14-18.
4. Матиевский Д.Д. Перспективы использования двигателей внутреннего сгорания в качестве источников тепла и электрической энергии промышленных объектов / Д.Д. Матиевский, В.В. Логвиненко, А.Г. Кузьмин // Ползуновский вестник. 2003. №1. С. 4-9.
5. Наумов А.Л. Мини-ТЭЦ – очередной бум или объективная потребность отечественной энергетики // АВОК. 2005. №7. С. 22-26.