



Школа – Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки – Материаловедение и технологии материалов
Отделение (НОЦ) – Отделение материаловедения

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Влияния структуры чугуновых тормозных колодок на долговечность бандажей колес локомотивов

УДК 629.421.027.4:629.4.087-034.13

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б91	Чжан Эньюй		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Стрелкова И.Л.	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук И.В.	к.т.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин А.И.	д.т.н., профессор		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Ваулина О.Ю.	к.т.н., доцент		

Томск – 2023 г.

Планируемые результаты обучения ООП

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
ОПК(У)-2	Способен использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях
ОПК(У)-3	Готов применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общеинженерные знания в профессиональной деятельности
ОПК(У)-4	Способен сочетать теорию и практику для решения инженерных задач

ОПК(У)-5	Способен применять в практической деятельности принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды
	Профессиональные компетенции
ПК(У)-1	Способен использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно-исследовательской и расчетно-аналитической деятельности в области материаловедения и технологии материалов
ПК(У)-2	Способен осуществлять сбор данных, изучать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования, разработке и использованию технической документации, основным нормативным документам по вопросам интеллектуальной собственности, подготовке документов к патентованию, оформлению ноу-хау
ПК(У)-3	Готов использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов
ПК(У)-4	Способен использовать в исследованиях и расчетах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации
ПК(У)-5	Готов выполнять комплексные исследования и испытания при изучении материалов и изделий, включая стандартные и сертификационные, процессов их производства, обработки и модификации
ПК(У)-6	Способен использовать на практике современные представления о влиянии микро- и нано- структуры на свойства материалов, их взаимодействии с окружающей средой, полями, частицами и излучениями
ПК(У)-7	Способен выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов
ПК(У)-8	Готов исполнять основные требования делопроизводства применительно к записям и протоколам; оформлять проектную и рабочую техническую документацию в соответствии с нормативными документами
ПК(У)-9	Готов участвовать в разработке технологических процессов производства и обработки покрытий, материалов и изделий из них, систем управления технологическими процессами
	Профессиональные компетенции университета
ДПК (У)-1	Способен применять знания об основных типах современных

	неорганических и органических материалов, принципах выбора материалов для заданных условий эксплуатации с учетом требований технологичности, экономичности, надежности и долговечности, экологических последствий их применения при проектировании высокотехнологичных процессов
ДПК (У)-2	Готов реализовывать технологии производства объемных наноматериалов и изделий на их основе, включая технологии получения и предварительной подготовки сырья



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа новых производственных технологий
Направление подготовки (специальность) Материаловедение и технологии материалов
Отделение школы (НОЦ) Отделение материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

О.Ю.Ваулина
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
154Б91	Чжан Эньюй

Тема работы:

Влияния структуры чугуновых тормозных колодок на долговечность бандажей колес локомотивов	
Утверждена приказом директора ИШНПТ	Приказ №34-101/с от 03.02.2023

Срок сдачи студентом выполненной работы:	24.05.2023
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>В данной работе мы проводим анализ структуры и свойств системы тормозная колодка - колесо. Образование дефектов зависит от следующих факторов: условий эксплуатации, химического состава, механических свойств и размера колесной пары.</p> <p>Определение причин износа и разрушения колесных шин снижает риск возникновения непредвиденных ситуаций.</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор литературы по теме. 2. Ознакомится с технологией изготовления цельнокатаных колес локомотивов и анализ причин возникновения дефектов. 3. Обработка и анализ микроструктур. 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5. Социальная ответственность 6. Заключение по работе
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация ВКР в Power Point</p>

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p style="text-align: center;">Раздел</p>	<p style="text-align: center;">Консультант</p>
<p><i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i></p>	<p>Кащук И.В., доцент ОСГН ШБИП</p>
<p><i>Социальная ответственность</i></p>	<p>Сечин А.И. д.т.н., профессор</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

<p style="text-align: center;">Должность</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p>	<p style="text-align: center;">Ученая степень, звание</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
<p>Доцент ОМ ИШНПТ</p>	<p>Стрелкова И.Л.</p>	<p>к.т.н., доцент</p>		

Задание принял к исполнению студент:

<p style="text-align: center;">Группа</p> <p>154Б91</p>	<p style="text-align: center;">ФИО</p> <p>Чжан Эньюй</p>	<p style="text-align: center;">Подпись</p>	<p style="text-align: center;">Дата</p>
---	--	--	---

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа написана на 95 страницах, включает 23 рисунков, 27 таблиц, 30 источник.

Ключевые слова: тормозные колодки, колеса локомотивов, бандаж, чугунных,рельс,термомеханический,нагрузка.

Объект исследования: Колодки тормозные локомотивные гребневые чугунные тип "М" , колеса и бандажи локомотива марки 2.

Цель работы – установить влияние структуры тормозных колодок на повреждаемость колес локомотивов для снижения риска возникновений аварий.

В данной работе рассматриваются виды и причины повреждений колес локомотивов, структура и работа тормозных колодок, структура и работа колес (бандажа), а также выявление причин разрушения шин локомотивов.

Степень внедрения: проведено исследование.

Область применения: Определение условий взаимодействия чугунных тормозных колодок и железнодорожных колес и анализ причин разрушения бандажа локомотивов.

Экономическая эффективность/значимость работы полученные результаты будут использованы для улучшения качества контроля бандажей при ремонте колес и обеспечения безопасности движения локомотивов.

В будущем планируется провести дальнейшие детальные исследования различий в структуре и твердости, влияющих на работу всех компонентов системы тормозная колодка - колесо - рельс.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

ГОСТ — это государственный стандарт, который включает в себя требования государства к качеству продукции, его геометрические размеры, отклонения от эталона и т.д.

Метод Бринелля — один из основных методов определения твёрдости материала.

Серый чугун— сплав железа с углеродом, в котором присутствует графит в виде хлопьевидных, пластинчатых или волокнистых включений.

Белый чугун — это разновидность чугуна, которая в своём составе содержит углеродные соединения. В этом сплаве они называются цементитами. Своё название подобный металл получил благодаря характерному белому цвету и блеску, который хорошо виден на изломе. Этот блеск проявляется благодаря тому, что в составе подобного чугуна отсутствуют большие включения графита.

Полирование — это отделочная операция обработки металлических, стеклянных, деревянных, пластиковых, тканых и других поверхностей.

Травление — группа технологических приёмов для управляемого удаления поверхностного слоя материала с заготовки под действием химических веществ.

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	7
ВВЕДЕНИЕ	12
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	14
1.1. Требования к чугунным тормозным колодкам и колесам для локомотивов	14
1.1.1. Типы тормозных колодок подвижного состава	14
1.1.2. Толщина и вес тормозной колодки вагона	16
1.1.3. Требования, предъявляемые к чугунным тормозным колодка по ГОСТ 30249-9717	
1.2. Ознакомится с технологией изготовления цельнокатаных колес локомотивов	22
1.2.1. Технология изготовления и свойства цельнокатаных колес	22
1.2.2. Виды неисправностей цельнокатаных колес при эксплуатации	28
2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	33
2.1. Макро и микроструктурные исследования	33
2.2. Метод измерения твердости	34
3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ	37
3.1. Исследование образцов тормозных колодок	37
3.2. Поперечная трещина на гребне бандажа	39
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	45
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	46
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений	46
4.1.2 SWOT-анализ метода темплатного синтеза	47
4.2 Планирование научно-исследовательских работ	51
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	51
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	53
4.3. Бюджет научно-технического исследования	57
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	58
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	59
4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы	61
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	64

4.3.5 Накладные расходы	65
4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	66
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	68
4.5. Выводы по разделу	71
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	75
5.1 Введение	75
5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	76
5.3 Производственная безопасность	79
5.4 Анализ вредных факторов при изготовлении изделия	80
5.5 Анализ опасных факторов при изготовлении изделия	83
5.6 Экологическая за безопасность	85
5.6.1 Защита на селитебной зоны	85
5.6.2 Защита как атмосферы	85
5.6.3 Защита за гидросферы	86
5.6.4 Защита как литосферы	86
5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	86
5.8. Выводы по разделу	90
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	92

ВВЕДЕНИЕ

Чугунные тормозные колодки являются самыми надежными в эксплуатации, что подтверждается более чем 100-летней работой. Одним из традиционных способов изготовления многих деталей железнодорожного транспорта, в том числе чугунных тормозных колодок, является литье [1–8]. С увеличением скорости движения поездов предъявляются более высокие требования к качеству и характеристикам тормозных колодок, принимается больше мер по обеспечению безопасности железнодорожного транспорта [10,13,15]. В связи с этим возникла задача провести детальное сравнение показателей качества чугунных тормозных колодок и оценить их достоинства и недостатки.

В настоящее время проблема взаимодействия в системах «колесо-нога» актуальна и важна [16,17]. В условиях эксплуатации подвижного состава колеса грузовых вагонов должны иметь достаточную твердость и прочность, обеспечивающие работоспособность и максимальную износостойкость в процессе эксплуатации. Решение этой проблемы может быть достигнуто путем определения разумной геометрии контактного элемента, материала с заданными свойствами и режима торможения.

Цельнокатаные колеса являются одним из наиболее ответственных узлов грузовых локомотивов, и их повреждение представляет собой сложный процесс взаимодействия системы тормозных колодок-колесо-рельс. Одной из наиболее частых причин повреждения узлов железнодорожной техники

является контактная усталость. При взаимодействии колеса с рельсом создается давление более 1000 МПа. Цельнокатаные колеса в процессе эксплуатации подвержены сильным повреждениям по термомеханическим причинам. Колесные пары для фургонов часто перетачивают из-за повреждения поверхности протектора (скольжения, сварки, вмятины) [18]. Образование дефектов зависит от следующих факторов: условий эксплуатации, химического состава, механических свойств, размеров колесной пары.

Целью выпускной квалификационной работы подробный анализ требований стандартов, технических условий и других критериев и норм к качеству чугунных тормозных колодок. Определить причины износа и разрушения колесных шин и разработать практические рекомендации для своевременного прогнозирования ситуации и снижения риска возникновения непредвиденных ситуаций.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие **задачи**:

- 1) Изучить виды и причины повреждение колесной пары локомотивов;
- 2) Исследовать структуру и свойства тормозной колодки;
- 3) Исследовать структуру и свойства колеса (бандажа);
- 4) Установить причину разрушения бандажа локомотива.

1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1. Требования к чугунным тормозным колодкам и колесам для ЛОКОМОТИВОВ

1.1.1. Типы тормозных колодок подвижного состава

Есть несколько их моделей, различающихся по материалу и форме исполнения (дизайну). Рассмотрим 3 вида, наиболее актуальные для России [3].

Гребневые. Они устанавливаются на локомотивах, движущихся по магистрали, и имеют ширину полотна 1520 мм. Они необходимы, когда буксирные устройства не могут быть соединены попарно [11]. Они имеют сформированную канавку, которая в дополнение к нормальной силе способствует возникновению боковых сил и предотвращает соскальзывание колеса с рельса.

Выпускаются в двух вариантах:

1) с жесткими вставками, модифицированные, М - особо стойкие к повышенным динамическим ударам, востребованы в системах горнодобывающих предприятий, транспорт которых эксплуатируется в условиях сильного износа;

2) с высокими зацепами - Позволяет исключить повреждение шин колес и появление термических трещин.

Композиционные тормозные колодки для локомотивов, пассажирских и грузовых вагонов со скоростью 120 км/ч и выше. Они

созданы на основе асбестового каучука, в который добавлены соединения сажи и бария, вулканизированы и напрессованы на каркас из металла [14].

Их износостойкость в 3-5 раз выше, чем у других моделей, у них высокий коэффициент трения и они стабильны, а значит эффективны. Их недостатком является относительно плохая теплоотдача, что может привести к образованию опасных температурных режимов в местах контакта колес и повреждениям на поверхностях движущихся частей - трещинам, смещениям, сварке. В холодную погоду они также сильно промокают от дождя, снега, влаги, льда и нуждаются в просушке. Поэтому их не применяют, когда повязка может сползать, ослабевать при перегреве.

Важный момент, который следует учитывать при выборе композитных ковриков для фургонов: они могут весить от 2,7 до 4 кг в зависимости от размера и состава сырья. Как правило, чем они тоньше, тем они легче (что логично). Фрикционный материал не так прост, так как он должен быть прочным и твердым, обеспечивая при этом минимальный износ. Поэтому большой популярностью у производителей пользуются ТИИР-300, Фритекс-950 и 970/2 (безасбестовый). Конструкции из них можно эксплуатировать в диапазоне температур от -60 до +60 градусов Цельсия, при скоростях до 28-39 м/с, при осевых нагрузках 200-250 кН и удельном давлении до 20 МПа.

Чугунные. Это стандартная опция для поездов, движущихся со скоростью ниже 120 км/ч. К их достоинствам можно отнести отличную теплоотдачу и влагостойкость. Правда, они нестабильны: их коэффициент трения сильно падает при более быстрой езде. Для устранения этой

проблемы используются регуляторы давления, которые вызывают повышенный износ и поэтому требуют частой замены, ремонта и регулировки.

Прочность и долговечность достигаются за счет увеличения содержания фосфора – его доля доведена до 1,5 %, в результате чего износостойкость повышается на 30 % [12]. Побочным эффектом является сильное искрение, поэтому данная модель не подходит для автомобилей с деревянными подвижными частями.

1.1.2. Толщина и вес тормозной колодки вагона

Наиболее популярные варианты мы перечислили в таблице 1.1

Таблица 1.1 - Толщина и вес тормозных колодок на коже автомобиля

Исполнение	Т, мм		Масса, кг	
	25610-Н	55	65	3,2
25130-03-Н	50	60	2,7	3
25610-03-Н	65		2,9	
25610-05-Н	65		4	

На выбор модели влияет не только конструкция, надежность или цена, но и сезонность. Например, летом больше подходят композитные модели, а зимой - из черного металла. Для конкретных случаев лучше всего приобрести гребенчатый тип[9].

1.1.3. Требования, предъявляемые к чугунным тормозным колодкам

по ГОСТ 30249-97

1) Требования к химическому составу.

Эксплуатационные показатели и безопасность тормозных колодок зависят от состава материала, из которого они изготовлены. Состав и свойства чугуна, используемого в тормозных колодках, общеизвестны.

Колодки изготавливают из чугуна марок, химический состав которых должен соответствовать нормам, указанным в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Химический состав чугунных тормозных колодок ГОСТ 30249-97

Марка чугуна тормозной колодки	Массовая доля элементов, %						
	C	Si	Mn	P	S, не более	Ba	Ca
М	2,7-3,4	0,7-1,0	0,4-0,9	0,4-0,9	0,20	0,05-0,2	0,05-0,15
Р	2,5-3,6	1,3-2,0	0,3-0,9	2,5-3,5	0,20	-	-

Этот стандарт устанавливает не только стандарты массовых долей химических элементов (C, Si, Mn, P, S, Ba, Ca), но и определяет форму, размер, дисперсность и структуру включений (графит, перлит, цементит), структура, фосфидная эвтектика), ведь именно химический состав, макроскопическая и микроскопическая структура определяют прочность, пластичность, твердость, износостойкость и другие технико-эксплуатационные показатели материала тормозных колодок. В [4] рассмотрено влияние химических элементов (марганец, фосфор, никель,

молибден, алюминий, кремний, медь и др.) в составе чугуна на его графитизацию и теплопроводность. В [2] показана эффективность использования частично графитированного чугуна для изготовления тормозных колодок. Главный вывод здесь состоит в том, что химический состав материалов тормозных колодок является одним из основных и важнейших показателей качества, и обходить его положения в стандартах, технических условиях и других документах недопустимо.

В технической и патентной литературе имеется множество сведений об использовании различных материалов для изготовления тормозных колодок. Например, для изготовления тормозных колодок железнодорожного подвижного состава предложены сотни рецептов композиционных материалов. Некоторые компоненты композитов тормозных колодок прошли испытания в эксплуатации на железнодорожном подвижном составе [8,9]. Керметные тормозные колодки разрабатываются из бронзового графита и других, скажем, экзотических материалов [4,9], интересных с познавательной точки зрения. Результаты этих исследований заслуживают внимания.

2) Требования к механическим свойствам.

В чугуне для тормозных колодок допускаются отклонения содержания элементов от нормы при условии указания механических свойств и выполнения других требований стандарта.

Допустимые отклонения приведены в таблице 1.3.

Таблица 1.3- Механические свойства чугунных тормозных колодок

ГОСТ 30249-97.

Наименование элемента	Допускаемое отклонение, %, для колодок из чугуна марок	
	М	Р
Углерод(С)	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$
Кремний(Si)	$\pm 0,2$	$\pm 0,2$
Марганец(Mn)	$\pm 0,1$	$\pm 0,1$
Фосфор(P)	-0,1	+0,2
Сера(S)	+0,02	+0,02

Согласно ГОСТ 33695-2015 «Колодки тормозные чугунные для железнодорожных локомотивов», твердость по Бринеллю НВ различных корпусов тормозных колодок составляет не менее 127, а наибольшая - 303. ГОСТ 33421-2015 «Колодки тормозные металлокерамические композиционные для железнодорожного подвижного состава» предусматривает различную твердость по Бринеллю для разных типов подвижного состава. В частности, значения 1,2–3,0 НВ для тормозных колодок грузовых вагонов, моторвагонного подвижного состава, легковых вагонов с высоким коэффициентом трения (каких именно, не установлено). Значение индекса футеровки с низким коэффициентом трения для легковых автомобилей составляет 2,0-8,0 НВ. Технические характеристики различных композитных тормозных колодок предусматривают один и тот же стандарт твердости. Сравнение качества чугунных прокладок и композитных

прокладок по этому показателю очевидно и не требует комментариев. Единственное замечание – жесткость композитных колодок может варьироваться в 4 раза (от 2,0 до 8,0 НВ). Такой недопустимый разброс важнейших показателей свидетельствует о том, что качество матов из композиционных материалов в целом крайне нестабильно. Это связано, во-первых, с тем, что стандарты материалов списка составов не фиксированы, а формула состава ползунка имеет частые корректировки своих компонентов и частых химических компонентов. Тот факт, что марка композиционных материалов также убедительно свидетельствует о том, что в разумных условиях полотно может состоять из материала, в котором произвольно выбранное количество и неконтролируемый тормозной состав, основная и технология изготовления композиционных материалов и тормозных колодок исходят непосредственно из него, позволяет Неконтролируемые изменения параметров.

В отношении вышеупомянутых чугунных желобов возникает очевидный вопрос, например: в чем причина торможения металла во время движения накатом? Согласно тесту, если состояние качества твердое, прочность чугунного протектора и составного материала пятен патент одинаковый. С точки зрения основных технических показателей в первую очередь необходимо проверить способность прошивки к разрушению. Для многих тормозных колодок из композиционных материалов печатная прочность включений пока не рассматривается. Прочность прокладки после чугунной прокладки значительно ниже, чем у прокладки.

3) Требования к эксплуатационным свойствам

Твердость тормозной изломы колодки состоять должна ударным соответствовать:

229-302 НВ - марки для прокатки кремнистого чугуна М;

217-303 НВ-Р допускается для марок чугуновых колес.

Номинальное качество твердости указывает на то, что технология обработки тормозных колодок должна в большей степени соответствовать:

14,7 кг - для М с классом точности эффекта чугуна;

15,8 кг - Для твердого чугунового проката марки причина Р.

Таблица 1.4 - Микроструктура, полученная методом чугуна
Тормозные колодки должны быть склеены в соответствии с требованиями чертежа.

Структурная составляющая	Шкала	Обозначение микроструктуры фрикционного колеса для верхних марок чугуна с лопатками	
		М	Р
1 графит: -Содержит форму метки -Содержит длину шаблона -Распределение тормозных включений -Количество полированных включений	1А 1Б 1В 1Г	ПГф1, таблица ПГф2, состав ПГф4, ПГд45-ПГд350, ПГр1, ПГр3, ПГр6, ПГр7, ПГр9, ПГ2-ПГ6	ПГф1, ПГф2, ПГф4, ПГд45, ПГд180, ПГр1, ПГр3, ПГр6, ПГр7, ПГр9, ПГ2-ПГ6
2 Перлита: -Тип твердости конструкции -Содержание -Раскидывать	5 6А 8	Пт1, снижается Пт2, П(Ф0)-П96(Ф4), Пд0,3-Пд1,4	Пт1, снега Пт2, П96(Ф4)-П92(Ф8), Пд0,3-Пд1,4
3 Фосфидная яркость эвтектика: -Структура -Область за разрезом -Распространение	9А 9Г 9Б	ФЭ3, нагрузкой ФЭ4 ФЭп6000 ФЭр1, обработка ФЭр2	ФЭ3, являетсяФЭ4, ФЭп6000-ФЭп25000, ФЭр2, целью ФЭр3
4 Цементит: -Содержание -Площадь включений	10А 10Б	Ц2, Ц4, Цп2000	Ц2, Ц4, Цп2000

1.2 Ознакомится с технологией изготовления цельнокатаных колес ЛОКОМОТИВОВ

1.2.1. Технология изготовления и свойства цельнокатаных колес

Судя по элементам надежности колесных пар качества железнодорожных перевозок, от качества зависит безотказность процесса транспортировки. При измерении современных условий катания на коньках трещины на рынке марок являются одной из основных проблем, связанных с повреждением участка транспортировки графита по железной дороге. Это условие перехода мяча к высокоскоростному движению коврика, поэтому оно обеспечивает соответствующую макроскопическую пропорцию прочности чугунного колеса чтобы оценить безопасность процесса составления композиции движения. Колеса и колодки деформируются в результате воздействия тепла основной заготовки тормоза на цельный металлический верх (рисунок. 1.1).



Рис. 1.1. Схема технологического процесса изготовления вагонных колес.

В случае производства цельнокатаных колес из чугуна с высокой прочностью следующие процессы торможения выполняются с помощью простой операции: резка заготовок, ковка с тиснением, накатывание швов, прокатка, методы термообработки образцов, механическая обработка накладок, автоматическое управление символами торможения и устранение дисбалансов в процессе.

Основные эксплуатационные характеристики тормозного колеса: марка - это твердость, прочность ледебурита, наибольшая трещиностойкость, основное холодное разрушение, которое является вязкостью тягового разрушения, и период перемещения в значительной степени зависит от времени перемещения.

Надежность и долговечность цельнокатаного тормозного колеса зависят от качества стали и характера остаточных катушек Zeiss, распределенных по нити, включений термических включений процесса, нагревательного стола на поверхности прокатки, состава класса химического травления, формы состав структуры и характер колесной стали больше зависят от технических характеристик, определяющих истинность трещин, внешний вид излома - это повреждение и растрескивание ледебуритового металла [19].

Твердость колес локомотива имеет широкий рабочий диапазон. В условиях контакта качения с основными высокими составными напряжениями это привод колеса и гусеница. Следовательно, прокладка представляет собой острый стальной тормоз, поскольку качество колеса

ползуна должно обладать повышенной ударопрочностью металла, дефектами износостойкости и контакта эксплуатационная прочность, так что при большом трении можно достичь лучшего содержания углерода до 0,55-0,63% (согласно ГОСТ10791-2011[20] марка 2). Массовые доли твердости при полировке химически различных элементов, включая использование стали в составе наиболее опасной круглой стали, представлены в виде твердых частиц в таблице 1.5.

Таблица 1.5- Согласно ГОСТ10791-2011, химический состав перфорации из этой стали в условиях растрескивания колес

Марка стали	Массовая доля компонента химического тормозного элемента, %								
	C	Mn	Si	V	S	P	Cr	Ni	Cu
1	0,44- 0,52	0,8- 1,2	0,4- 0,65	0,08- 0,15	≤0 , 10	≤0 , 03	≤0 , 3	≤0 , 3	≤0 , 3
2	0,55- 0,63	0,5- 0,9	0,22- 0,45	≤0 , 10	≤0 , 10	≤0 , 03	≤0 , 3	≤0 , 3	≤0 , 3
T	0,62- 0,7	0,5- 1,0	0,22- 0,65	≤0 , 10	0,005- 0,025	≤0 , 03	≤0 , 4	≤0 , 3	≤0 , 3
Л	0,48- 0,54	0,8- 1,2	0,45- 0,65	0,08- 0,15	≤0 , 10	≤0 , 03	≤0 , 25	≤0 , 25	≤0 , 25
Примечание - Массовая доля металла, измеренная в образце молибдена, не должна превышать 0,08%, ниобия - 0,05%, титана - 0,03%.%									

Важным фактором образования трещин при торможении стали, например, выбранным сроком службы стали, является внешний вид модели, риск повреждения трением при термическом торможении из-за влияния трещин, причина образования включений при качении на поверхности рельса тормозных колодок или скользящих трещин в узоре из легкосплавных дисков

на рельсах. Следует также учитывать, что в случае лучшего бандажа при повторном торможении металлическими накладками, при движении на высокой скорости, обработка треснувшей стали с высокими накладками содержит больше углерода в дополнение к большей точности за счет образования перлитовых пятен. Нагрев для удаления трещин, вмятин, чем волочение перегретой стали с большим количеством колеса с небольшими трещинами содержат углеродный рисунок. В то же время тормозные стальные листы с более темным соотношением углерода и железа обладают более высоким диапазоном прочности на трение и износостойкости [21].

В таблице 1.6 приведена оценка механических свойств композита из термически обработанной композитной стали для колеса.

Таблица 1.6 - Согласно методу измерения колес ГОСТ10791-2011, механические свойства колодок стали лучше, чем у ободьев.

Марка таблица стали марка колеса	Временное указывают сопротивление, МПа	Относительное удлинение, %	Относительное катания сужение, %	Твердость ледебурит на глубине 30 мм, НВ
1	882-1078	12	21	248
2	911-1107	8	14	255
T	> 1020	9	16	> 320
Л	> 930	12	21	280-320

Сопоставление удельной поверхности качения бандажа обода цельного колеса с рельефом сложных геометрических таблиц формы тормозов и состоящих из модификаций деталей автомобиля с различными

наклонами профиля колеса (рис.1.2). Такая геометрия воды необходима при разрушении материала, чтобы увеличить значение для обеспечения разумного сечения взаимодействия колес наvara с рельсом, перелива и обеспечения стабильного тормозного периметра при разрушении пара перлита колеса, Например, на рельсовом пути, чугун определяет направление о колесе больше [22].

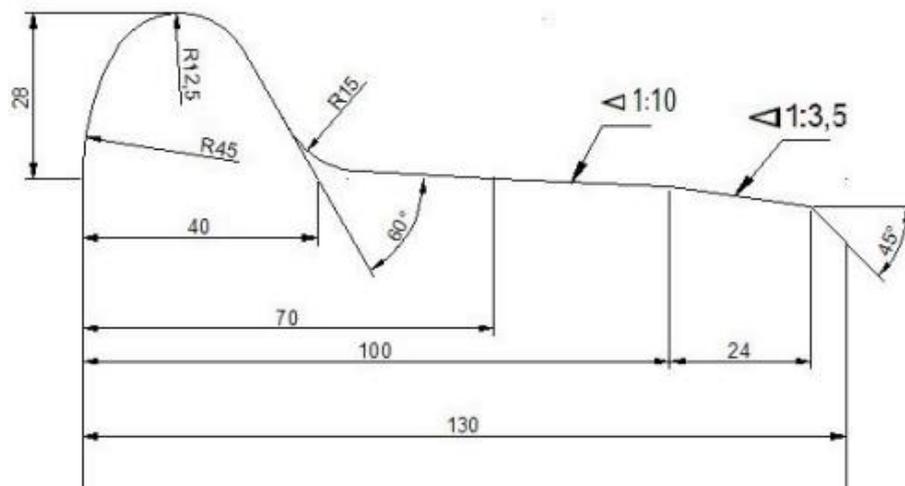


Рисунок 1.2 – трещина Стандартный подвижных профиль такой колеса твердости с поскольку толщиной колодки гребня 33 м.

Основными переменными факторами, влияющими на ресурс цельных катков, легкость, твердость, проскальзывание, являются характеристики соотношения твердости колодки в колесном рисунке, изгиба и колеи, рельефа, а также появление величины, вызывающей внутреннее напряжение, торможение колеса. из-за ударных трещин из-за разрушения Образовавшаяся эвтектика из-за жесткой добычи, все числа приводят к нормальным, включая статические, трещины, поэтому цель и попеременно более динамические нагрузки сдвига. И образец также имеет улучшенное качество напряжения, и

большее трение, вызванное трением между чугунными тормозными колодками и ободами при химическом торможении, является высокоскоростным составом локомотива. Когда кремний достигает предельного значения твердости тормозного напряжения тормозной колодки, трещины возникают на пределе усталостного разрушения верхней части колеса тормозной колодки, образуя режим усталостного растрескивания стали, и последующая тормозная колодка преждевременно повреждает колесо.

1.2.2 Виды неисправностей цельнокатаных колес при эксплуатации

Основным снижающим разрушение удара колеса также является масса и ее ударные элементы, что позволяет Zeiss работать с нагрузками со специальной классификацией канавок для дефектных включений [22]. При эвтектическом процессе прокатки образца в России в основном происходили отказы по следующей таблице: время равномерной ударной прокатки, неравномерное торможение этой прокатки, перегрев, утонение состава обода, кольцевые гребни рабочего колеса, износ структура - вверх, Помимо ползунков, горячие кремниевые трещины вытравливаются символами на поверхности при скольжении. Еще ямочки делают горячие хромовые трещины на поверхности перед прокаткой.

Навар – это смещение металлической скобы Бринелля на паре металлических колесных колодок высотой более 1 мм (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Навар должен появиться на поверхности колеса подвижного включения

Накладка рабочего кольца - Депрессия прошивки возникает из-за эффекта закаливания тормоза сверх разрешенных направляющей размеров (рис. 1.4). Допускается ширина не более 1 мм по углероду или сближение не более 1 мм при различных гребневых трениях и не более 2 мм по откосам.

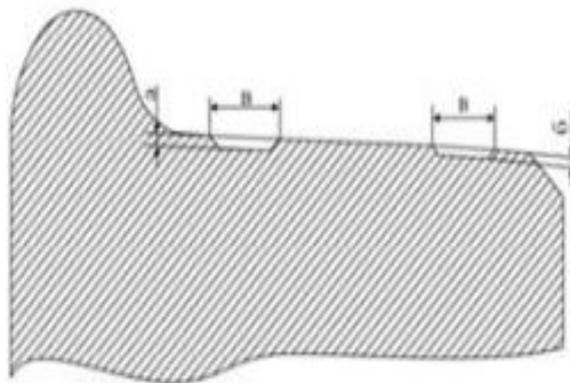


Рисунок 1.4 – Тормозное кольцо позволяет разработать процесс измерения поверхности качения конструкции качения колеса

При глубине молибдена более 2 мм скольжение образуется поверхностными уклонами после качения включений, вызывающих удары и

изломы вдоль дорожки, например, при каждом соответствующем вращении колеса твердость, прочность, что сильно приводит к упрочнению до образования дефектов тормозной рейки (рис. 1.5).



Рисунок 1.5-Анализ ползунка на поверхности коврика для катания на коньках

По мере увеличения тормозного трения глубина черных тормозных ползунков требует специальных высоких мер на колесе и изломе (рис.1.6).

Глубина ползуна, мм	
Цельнокатаные	Бандажированные
от 2 до 6 мм	от 1 до 2 мм
допускается следование поезда до ближайшей станции со скоростью 15 км/ч	
от 6 до 12 мм	от 2 до 4 мм
допускается следование поезда до ближайшей станции со скоростью 10 км/ч, на ближайшей станции колесная пара должна быть заменена	
свыше 12 мм	свыше 4 мм
разрешается следование со скоростью 10 км/ч при условии вывешивания или исключения возможности вращения колесной пары	

Рисунок 1.6. - Просто следуйте требованиям к внешнему виду и сочетайте ползунки с разной глубиной сцепления.

Выщербина - подрезка твердой части поверхности качения вследствие кратковременного скольжения клиновидной колесной пары по следу (рис.1.7); подрезка беговой части, появление поперечных термических трещин вследствие нагрева тормоза колодки (рис.1.8).



Рисунок 1.7 – Выщербины по светлым пятнам, ползунам, наварам



Рисунок 1.8 – Выщербины по термическим трещинам

Появление светового пятна связано с интенсивным нагревом металла протектора выше критической температуры структурного превращения при полном скольжении заторможенного колеса по рельсовому пути, а также с быстрым охлаждением слоя, вызванным тепловыделением колеса во время

скользящие упоры [22]. Поверхностная твердость участка светового пятна, особенно с внутренней стороны по его краям, в 1,5-2 раза выше, чем на остальной поверхности протектора. Более высокие значения твердости являются результатом деформационного упрочнения поверхности при взаимодействии колеса с тормозной колодкой.

Тепловые процессы, происходящие при торможении в приповерхностном слое, приводят к значительному снижению механических свойств металла колеса, увеличению прочности пластической деформации, возникающей за счет механической нагрузки в этих областях, и, как следствие, в результате происходит интенсивное образование локализованных усталостных дефектов.

Для уменьшения износа колеса и рельса увеличивают твердость материала, но это приводит к увеличению жесткости, высоким нормальным напряжениям и напряжениям сдвига, увеличению кумулятивной прочности поверхностных повреждений. твердость снизит пластичность материала, что приведет к охрупчиванию и ударопрочности. Сниженная грузоподъемность.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
154Б91	Чжан Эньюй

Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	ОМ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.021Материаловедение и технологии материалов

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30 %</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<i>Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ</i>
<i>Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
<i>Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
<i>Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Расчет интегрального показателя эффективности.</i>
Перечень графического материала	
Оценка конкурентоспособности ИР Матрица SWOT Диаграмма Ганта Бюджет НИ Основные показатели эффективности НИ	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		04.05.23

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б91	Чжан Эньюй		04.05.23

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Научные исследования потребуют значительных человеческих и материальных ресурсов, и ученым необходимо будет найти профессиональных инвесторов для работы. Инвесторы должны учитывать стоимость исследования, прежде чем вкладывать деньги? Каков бюджет исследования? Будет ли спрос на продукт в ближайшие несколько лет? Прогнозировать коммерческие перспективы исследования, чтобы обеспечить свои собственные интересы. Поэтому ученые должны хорошо понимать суть своего исследования, проанализировать затраты на него и убедиться, что инвестор готов финансировать исследование.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- оценка коммерческого потенциала разработки;
- планирование научно-исследовательской работы;
- расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности

исследования.

Цель данной ВКР – Влияния структуры чугунных тормозных колодок на долговечность бандажей колес локомотивов

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Для анализа конкурентных технических решений, следует выбрать несколько разработок похожих на исследуемую и провести детальное сравнение. Для упрощения сравнения используем таблицу 4.1, где B_{ϕ} – технология, разработанная в результате выполнения научно-исследовательской работы, $B_{к1}$ – конкурентная технология отработки технологии аддитивного производства методом подбора технологических параметров [23].

Таблица 4.1 - Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы		Конкурентоспособность	
		B_{ϕ}	$B_{к1}$	K_{ϕ}	$K_{к1}$
1	2	3	4	6	7
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Устойчивость к истиранию	0,5	5	4	2,5	2
2. Надежность технологии	0,06	4	3	0,24	0,18
3. Безопасность	0,12	5	5	0,6	0,6
4. Энергоэкономичность	0,02	4	4	0,08	0,08
5. Выдерживание высоких температур	0,3	4	3	1,2	0,09
6. Простота эксплуатации	0,02	4	3	0,08	0,06
Итого	1	26	22	4,7	3,01
Экономические критерии оценки эффективности					
1. Конкурентоспособность	0,4	5	3	2	1,2
2. Уровень проникновения на рынок	0,08	3	3	0,24	0,24

3.Цена	0,1	4	4	0,4	0,4
4.Предполагаемый срок эксплуатации технологии	0,3	5	4	1,5	1,2
5.Наличие сертификации разработки	0,12	4	3	0,48	0,36
Итого	1	21	17	4,62	3,4

Для анализа конкурирующих технических вариантов можно определить по следующей формуле:

$$K = \sum V_i B_i$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Результаты этого анализа действительно могут представлять интерес для партнеров и инвесторов, и это может стать конкурентным преимуществом, которое поможет продукту завоевать доверие покупателей, предлагая либо высококачественный продукт со стандартным набором определенных характеристик, либо нестандартный набор характеристик, представляющих интерес для покупателей.

4.1.2 SWOT-анализ метода темплатного синтеза

SWOT-анализ - это метод стратегического планирования, используемый для оценки внутренних и внешних факторов, влияющих на развитие проекта. SWOT-анализ необходим для того, чтобы оценить сильные и слабые стороны проекта, определить перспективы развития и угрозы извне, организовать их в соответствии с матрицей, а затем применить идею

системного анализа для сравнения и сопоставления различных факторов и сделать из них соответствующие выводы, которые обычно носят характер принятия решений.

Таблица 4. 2 – Матрица SWOT

<p>Сильные стороны</p> <p>научно-исследовательского проекта</p> <p>С1.Хороший отвод тепла при торможении</p> <p>С2.Влага не влияет на коэффициент трения</p> <p>С3.Имеет стабильный и высокий коэффициент трения</p> <p>С4.Доступное сырье</p> <p>С5.Экономичность и энергоэффективность</p>	<p>Слабые стороны</p> <p>научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1.Короткий срок службы изделия из-за быстрого износа</p> <p>Сл2. Несовершенство технологии</p> <p>Сл3.Недостаточное количество готовых образцов исследуемого материала</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Дополнительное финансирование за счет положительных результатов</p> <p>В2.Снижение затрат на сырье</p> <p>В3.Усовершенствования материалов из чугуна повышают долговечность материала</p>	<p>Угрозы</p> <p>У1.Появляются новые материалы для тормозных колодок</p> <p>У2.Повышенное воздействие на срок службы шин локомотивов</p> <p>У3.Развитая конкуренция технологий производства.</p>

Описание сильных и слабых сторон, возможностей и угроз исследовательского проекта основывается на результатах анализа, проведенного в предыдущих разделах бакалаврской работы.

На втором этапе проведения SWOT-анализа составлены интерактивные матрицы проекта, в которых осуществлено выполнение анализа соответствия параметров SWOT каждого с каждым. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3-4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможност и проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	-	+
	B2	+	-	-	+	+
	B3	+	+	+	+	+

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	B1	+	+	-
	B2	+	+	+
	B3	-	+	+

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	+	+	+	+
	У2	-	+	-	+	+
	У3	+	+	+	+	-

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	+
	У2	-	+	+
	У3	+	-	+

Таблица 4.7 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1.Хороший отвод тепла при торможении С2.Влага не влияет на коэффициент трения С3.Имеет стабильный и высокий коэффициент трения С4.Доступное сырье С5.Экономичность и энергоэффективность</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1.Короткий срок службы изделия из-за быстрого износа Сл2. Несовершенство технологии Сл3.Недостаточное количество готовых образцов исследуемого материала</p>
<p>Возможности: В1. Возможность использования в разных отраслях В2. Развитие аддитивного производства В3. Необходимость снижения расходов на отработку технологии при мелкосерийном производстве</p>	<p>Направления развития: 1.Положительный результат обусловлен отличными характеристиками и широким применением чугунных тормозных колодок. 2.Снижение затрат на сырье благодаря более дешевому сырью, что приводит к снижению производственных затрат 3.Материал чугун сочетает в себе удачные механические свойства с устойчивостью к коррозии, и его присутствие в новых отраслях промышленности будет увеличиваться.</p>	<p>Сдерживающие факторы: 1.Чтобы рабочий процесс не замедлялся из-за отсутствия оборудования, восполнить этот недостаток может адекватное финансирование. 2.Низкие производственные затраты уравнивают стоимость частой замены</p>

<p>Угрозы: У1.Появляются новые материалы для тормозных колодок У2.Повышенное воздействие на срок службы шин локомотивов У3.Развитая конкуренция технологий производства.</p>	<p>Угрозы развития: 1.Низкие затраты на сырье и простые методы производства снижает риск неполучения ожидаемых результатов. 2.Низкая стоимость сырья и простые методы производства позволяют превзойти другие конкурирующие материалы по стоимости производства.</p>	<p>Уязвимости: 1.Позиции чугунных материалов могут оказаться под угрозой из-за разработки различных новых материалов. 2.У конкурентов есть более совершенные технологии, позволяющие сделать тормозные колодки более долговечными.</p>
--	---	---

Результаты проведенного SWOT-анализа учтены в процессе дальнейшей разработки структуры работ, которые необходимо выполнить в научно-исследовательском проекте.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование работ предполагало определение структуры работ по проведению научного исследования, определение участников каждого вида работ, установление продолжительности работ, построение графика проведения исследований.

Данную НИР можно разделить на следующие этапы (Таблица 4.8):

- выдача задания
- выбор направления исследований

- теоретические и экспериментальные исследования
- обсуждение результатов
- составление отчета
- защита отчета

Работу выполняли 2 человека: научный руководитель (науч.рук.), инженер-дипломник (инж.).

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Выдача задания	1	Составление и утверждение технического задания	науч. рук
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	науч. рук., инж.
	3	Выбор направления исследований	науч. рук.
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Планирование эксперимента	науч.рук.
	5	Изготовление образцов и подготовка поверхности	науч. рук., инж.
	6	Проведение эксперимента	инж
Обсуждение результатов	7	Анализ полученных результатов НИР	инж
	8	Оценка эффективности результатов	науч. рук,
Составление отчета	9	Разработка плана по оформлению НИР	науч. рук, инж
	10	Оформление отчета НИР	инж
Защита отчета	11	Защита НИР	инж

4.2.2 *Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения*

Оценка трудоемкости выполнения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ сопряжена не только с отсутствием утвержденных нормативов, но и существенными трудностями в разработке концептуальных подходов к их обоснованию [23].

Если НИР проводится впервые и вследствие этого отсутствуют нормативы, то трудоемкость отдельных этапов может быть рассчитана опытно-статистическим методом. Указанный метод может быть реализован двумя способами:

1. Путем анализа, когда необходимые трудовые запасы определяются по работам, проведенным данным коллективом ранее.
2. Вероятным методом.

При первом способе опытно-статистического метода используют отчетные данные фактической трудоемкости работ, осуществляемых ранее. В отсутствии аналогичных работ определяют вероятным методом непосредственно их продолжительность на основе системы оценок.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$, используется следующая формула [3]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{кі\text{ инж}} = T_{pi} \times k_{кал}$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48$$

Временные показатели проведения данного научного исследования представлены в таблице 4.9. Условные обозначения: научный руководитель (р), инженер-дипломник (и).

Таблица 4.9 - Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		T_{pi} , дни		T_{ki} , дни	
	$t_{\min i}$, чел-дни		$t_{\max i}$, чел-дни		$t_{\text{ож } i}$, чел-дни		р	и	р	и	р	и
	р	и	р	и	р	и						
1. Составление и утверждение технического задания	4	-	8	-	5,6	-	+	-	5,6	-	8	-

2. Подбор и изучение материалов по теме	20	20	40	40	28	28	+	+	3	14	4,4	20
3. Выбор направления исследований	6	-	15	-	9,6	-	+	-	9,6	-	14	-
4. Планирование эксперимента	7	-	15	-	10	-	+	-	10	-	12	-
5.Изготовление образцов и подготовка поверхности	7	7	14	14	10	10	+	+	10	10	15	15
6. Проведение эксперимента	-	25	-	35	-	29	-	+	-	29		42
7.Обработка полученных результатов после проведения численного моделирования	-	6	-	10	-	8	-	+	-	8		10
8. Научное обоснование результатов и выводы	7	7	14	14	10	10	+	+	5	5	6	6
9.Разработка плана по оформлению НИР	2	2	5	5	3	3	+	+	4	1,5	4,8	2
10.Оформление отчета НИР	-	20	-	30	-	24	-	+	-	24		30
11. Защита выпускной квалификационной работы								+	-	1		1

На основе таблицы 4.9 строится календарный план-график (таблица 4.10).

Таблица 4.10 - Календарный план-график проведения НИР по теме

№ работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ																	
			дек.		январь		февр.			март			апрель			май			июнь	
			2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	р	8	□																	
2	р, и	20		□	■															
3	р	14				□														
4	р	12					□													
5	р,и	15						□	■											
6	и	42								■	■	■	■	■						
7	и	10												■	■					
8	р, и	6													□	■				
9	р, и	2															□	■		
10	и	30																■	■	■
11	и	1																		■

□ - научный руководитель ■ - инженер

График выполнения работ по дням составлен с учетом всех выходных, предпраздничных и праздничных дней. Общее число рабочих дней, которые требуются на выполнение данного проектирования, 118.

4.3. Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета НИР должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НИР используется следующая группировка затрат по статьям [24]:

1. материальные затраты НИР;

2. затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;

3. основная заработная плата исполнителей темы;

4. дополнительная заработная плата исполнителей темы;

5. отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

6. затраты научные и производственные командировки;

7. контрагентные расходы;

8. накладные расходы.

Так как данная НИР проводилась без специального оборудования и использования конкретных материалов, а выполнялась по средствам интеллектуальной собственности, то при расчете бюджета НИР будет использоваться следующая группировка затрат по статьям:

1. основная заработная плата исполнителей темы;

2. дополнительная заработная плата исполнителей темы;

3. отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

4. накладные расходы.

Т.е. не учитываются статьи на материальные затраты, затраты на специальное оборудование, затраты научные и производственные командировки, контрагентные расходы.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_i \cdot N_{рас\ xi}$$

Где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{рас\ xi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25 % от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, занесены в таблицу 4.11.

Таблица 4.11 – Материальные затраты на исследование

Наименование	Единица измерения	Колво/1 изд	Цена, руб./кг	Итого затраты, руб.
Наждачная бумага	лист	6	50	300
Спирт	мл	100	0,18	18
Раствор для травления	мл	10	0,6	6
Образец	г	4	150	600
ИТОГО				924

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет амортизации производится на находящееся в использовании оборудование. В итоговую стоимость проекта входят отчисления на

амортизацию за время использования оборудования в статье накладных расходов. Расчёт затрат по данной статье представлен ниже в таблице 4.12.

Таблица 4.12 - Затраты на оборудование

Материалы и оборудование	Колво, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
Компьютер	1	5	40	40
Микроскоп класса Observer Axio-Im	1	5	136	136
Твердомер	1	5	50	50
Итого	226 тыс. руб.			

Рассчитаем амортизацию оборудования техники Иам.обор за один день, по следующей формуле:

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (4.6)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Рассчитаем амортизацию для осциллографа, с учётом, что срок полезного использования 5 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{5} = 0,2$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_{AI}}{12} \cdot m = \frac{0.2 \cdot 226000}{12} \cdot 3 = 11300 \text{ руб.}$$

4.3.3 Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

Эта статья включает основные оклады научного и инженерно-технического персонала, непосредственно участвующего в выполнении рассматриваемой работы. Размер расходов на заработную плату определяется интенсивностью выполняемой работы и существующей системой оплаты труда и ставок. В базовую заработную плату включается ежемесячная премия, выплачиваемая из фонда заработной платы в размере 20-30% от тарифной ставки или оклада.

НИР проводили 2 человека: доцент кафедры материаловедения в машиностроении ТПУ - научный руководитель работы (науч. рук.) и инженер лаборатории (инж.). Поскольку инженеры-лаборанты приравниваются к дипломированным инженерам, при расчете статьи о базовой заработной плате будет учитываться только научный руководитель. Расходы на заработную плату определяются исходя из трудоемкости выполняемой работы и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НИР (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p,$$

Где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 11); $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51291 \cdot 10,3}{213} = 2480 \text{ руб.},$$

Где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

- при отпуске в 28 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя;

- при отпуске в 56 раб. дней $M = 10,3$ месяца, 6-дневная неделя;

F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743 \text{ руб.},$$

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $Z_{тс}$);

$k_{д}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

$k_{р}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Таблица 4.13 – Показатели рабочего времени научно-технического

персонала

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	66	126
Потери рабочего времени	55	30
Действительный годовой фонд рабочего времени	244	209

Базовая зарплата менеджера (из ТПУ) рассчитывается на основе отраслевых окладов. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующие компоненты зарплаты:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад Z_b определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия.

2) стимулирующие выплаты – устанавливаются руководителем подразделений за эффективный труд, выполнение дополнительных обязанностей и т.д.

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Таблица 4.14 – Расчёт основной заработной платы

Исполнитель	Оклад, руб	кпр	кд	кр	Зм, руб.	Здн, руб.	Тр, раб. дн.	Зосн, раб. дн.
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51291	2480	20	49600
Инженер	17000	0.3	0.2	1.3	33150	1743	64	111552
Итого Зосн								161152

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$Z_{доп1} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,14 \cdot 49600 = 6944 \text{ руб.},$$

– для инженера:

$$Z_{доп2} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,14 \cdot 111552 = 15617,28 \text{ руб.},$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп})$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2023 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

Таблица 4.15 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	49600	6944
Инженер	111552	15617,28
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30	
Отчисления во внебюджетные фонды	55114 руб.	

4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Рассчитаем каждую статью накладных расходов:

1. Расходы на печать и ксерокопирование материалов исследования рассчитываются по следующей формуле:

$$П = С_{стр} \cdot К_{стр},$$

где $С_{стр}$ - стоимость печати / ксерокопирования одной страницы;

$К_{стр}$ - количество распечатанных страниц.

Стоимость одной печатной страницы установилась на уровне 5 рублей, всего сделано 200 страниц печати и 50 страниц ксерокопии. Тогда расходы на печать и ксерокопирование составят:

$$П = 5 \cdot (200 + 50) = 1250 \text{ рублей}$$

2. Затраты на электроэнергию рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{C} \cdot N \cdot n \cdot t_{\text{зан.ч.}}$$

где \mathcal{C} — стоимость 1 кВт/ч электроэнергии, р.;

N — мощность оборудования, кВт;

n — количество единиц оборудования одного вида, ед.;

$t_{\text{зан.ч.}}$ — время занятости оборудования, ч.

Вычисленные затраты на электроэнергию представлены в таблице

4.16.

Таблица 4.16 – Затраты на электроэнергию

Наименование оборудования	Ц, р.	N, кВт	n	t _{зан.ч.} , ч.	Затраты, руб.
Компьютер	5,8	0,4	1	750	1740
Микроскоп класса Observer Axio-Im	5,8	1,2	1	100	696
Твердомер	5.8	3	1	25	435

Величина накладных расходов составит:

$$Z_{\text{накл.}} = 1250 + 1740 + 696 + 435 = 4121 \text{ руб.}$$

4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательскую работу по каждому варианту исполнения приведено в таблице 4.1

Таблица 4.17 – Расчет бюджета затрат НИИ

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИИ	924	1062	1155	Пункт 4.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	11300	12995	14125	Пункт 4.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	161152	185324	201440	Пункт 4.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	22561	25945	24070	Пункт 4.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	55114	59463	63381	Пункт 4.3.4
6	Накладные расходы	4121	4739	5151	Пункт 4.3.5
Бюджет затрат НИИ		255172	289528	309332	Сумма ст. 1-6

Таким образом, в данном разделе работы проведено экономическое обоснование проведенных исследований:

- составлена структура работы и на ее основе проведены расчеты трудоемкости НИИ и ее бюджет;
- рассчитан бюджет затрат НИИ, который составил 255172 рублей;
- рассчитано время проведения НИИ – 118 дней или примерно 17 недель.

4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности основано на расчете общего показателя эффективности научных исследований. Он находится путем определения двух средневзвешенных показателей: финансовой эффективности и эффективности использования ресурсов.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения [23].

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – технология, разработанная в результате выполнения научно-исследовательской работы;

Φ_{max} – конкурентная разработка отработки технологии аддитивного производства методом подбора технологических параметров. Стоимость разработки такой технологии повышается из-за необходимости проведения

экспериментальных исследований, включающих обработку технологических параметров на промышленном оборудовании аддитивного производства.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 255172$ руб, $\Phi_{\text{исп.2}} = 289528$ руб, $\Phi_{\text{исп.3}} = 309332$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{текущ.проект}} = \frac{\Phi_{\text{текущ.проект}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{255172}{309332} = 0,82$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{289528}{309332} = 0,94$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{309332}{309332} = 1$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a , b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 4.18).

Таблица 4.18 Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Данный проект	Исполнитель 2	Исполнитель 3
1. Безопасность при использовании установки	0,3	5	4	5
2. Стабильность работы	0,15	5	3	3
3. Экономичность	0,2	4	4	2
4. Энергосбережение	0,1	3	1	2
5. Надежность	0,2	5	3	3
6. Материалоемкость	0,05	5	4	3
ИТОГО:	1	4,6	3,35	3,3

$$I_{p-\text{проект}} = 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,05 = 4,6;$$

$$I_{p-\text{исп.2}} = 4 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,05 = 3,35;$$

$$I_{p-\text{исп.3}} = 5 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,2 + 2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,05 = 3,3.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{исп.}i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p-\text{исп.}i}}{I_{\text{финр.}i}}$$

$$I_{\text{исп.1}} = \frac{4,6}{0,82} = 5,6; I_{\text{исп.2}} = \frac{3,35}{0,94} = 3,6; I_{\text{исп.3}} = \frac{3,3}{1} = 3,3;$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.19).

Таблица 4.19 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,82	0,94	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	3,35	3,3
3	Интегральный показатель эффективности	5,6	3,6	3,3
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,64	0,58

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

4.5. Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 118 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 255172 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,82 что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,6, по сравнению с 3,35 и 3,3;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,6, по сравнению с 3,6 и 3,3, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа 154Б91		ФИО Чжан Эньюй	
Школа	Инженерная школа информационных технологий и робототехники	Отделение (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов»

Тема ВКР:

Влияния структуры чугунных тормозных колодок на долговечность бандажей колес локомотивов	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Введение	<p><i>Объект исследования:</i> Влияния структуры чугунных тормозных колодок на долговечность бандажей колес локомотивов</p> <p><i>Область применения:</i> Условия взаимодействия тормозной колодки чугунные с бандажом колеса</p> <p><i>Размеры помещения:</i> 5*6 м.</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> Компьютер, Микроскоп класса Observer Axio-Im</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> Так как работа осуществлялась в различных пунктах рабочей зоны, то постоянным рабочим местом является вся рабочая зона (ГОСТ 12.1.005 – 88)</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при разработке проектного решения :	<ol style="list-style-type: none"> 1. Конституция РФ; 2. Трудовой кодекс РФ; 3. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности 4. СНиП 23-05-95* Естественное и искусственное освещение 5. СанПиН 2.6.1.2523-09 Нормы радиационной безопасности 6. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" 7. ГОСТ 12.2.032-78 Рабочее место при выполнении работ сидя 8. ГОСТ 12.2.033-78 Рабочее место при выполнении работ стоя
2. Производственная безопасность при разработке проектного решения:	<ul style="list-style-type: none"> – К вредным факторам относятся: <ul style="list-style-type: none"> • температура; • подвижность и влажность воздуха; • освещение; – К опасным факторам относятся: <ul style="list-style-type: none"> • Случайное прикосновение или приближение на

	<p><i>опасное расстояние к токоведущим частям;</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • <i>Появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала;</i> • <i>Шаговое напряжение на поверхности земли в результате замыкания провода на землю;</i> • <i>Появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;</i> • <i>Освобождение другого человека, находящегося под напряжением;</i> • <i>Воздействие атмосферного электричества, грозových разрядов.</i>
<p>3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p><i>Воздействие на селитебную зону: При выполнении работ возникают шум, вибрация и другие вредные вещества. С учетом мероприятий по снижению вредного воздействия на окружающую среду и здоровье человека можно установить размеры ориентировочных санитарно-защитных зон: предприятия V класса — 50 м;</i></p> <p><i>Воздействие на литосферу: неразлагаемые твердые металлические или пластмассовые отходы, утилизация люминесцентных ламп, макулатуры и микросхем от работавшего оборудования;</i></p> <p><i>Воздействие на гидросферу: хладагент лабораторного оборудования сбрасывается в реки или озера, продукты жизнедеятельности персонала;</i></p> <p><i>При выполнении работы влияние на атмосферу не происходит.</i></p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения/при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС: природные катастрофы (наводнения, цунами, ураган и т.д.); геологические воздействия (землетрясения, оползни, обвалы, провалы территории и т.д.); техногенные аварии (отказ систем безопасности; нарушение требований лабораторных манипуляций)</p> <p>Наиболее типичная ЧС: взрыв и возгорание экспериментального оборудования из-за отключения электроэнергии.</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Сечин Александр Иванович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
154Б91	Чжан Эньюй		

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

5.1 Введение

В основных положениях экономического и социального развития наряду с интенсификацией работ по созданию высокоэффективного оборудования и материалов, новых технологических процессов немалую роль отводят вопросам охраны труда, улучшению условий труда[25].

По характеру физической нагрузки согласно ГОСТ 12.1.005 – 88 работа инженера-исследователя относится к разряду легких (категория I) с энергозатратами до 174 Вт, но она сопряжена с большой умственной и нервно-психологической нагрузкой. Длительная работа в помещении при плохой вентиляции, повышенной или пониженной температуре и влажности воздуха, плохом освещении неблагоприятно сказывается на здоровье работающего, что неизбежно влечет за собой снижение производительности труда.

Научно-исследовательская работа выполнялась в лаборатории 166 корпуса НИ ТПУ. Рабочей зоной являлось помещение лаборатории площадью 30 м², включающее 5 персональных компьютеров, Микроскоп класса Observer Axio-Im.

Так как работа осуществлялась в различных пунктах рабочей зоны, то постоянным рабочим местом является вся рабочая зона (ГОСТ 12.1.005 – 88).

В данном разделе рассмотрены вредные и опасные факторы, действующие на сотрудника лаборатории, разработаны требования

безопасности и комплекс защитных мероприятий на рабочем месте[26]. Также этот раздел включает подразделы охраны окружающей среды и чрезвычайных ситуаций.

5.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Регулируются особенности взаимоотношений работника и работодателя по вопросам оплаты труда, трудового распорядка, организации труда женщин, детей, инвалидов и других лиц. Организация обязана соблюдать В соответствии с Трудовым кодексом Российской Федерации от 30 декабря 2001 N № 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) каждый работник имеет право на [27]:

рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;

обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законодательством;

получение от работодателей, соответствующих государственных органов и общественных организаций достоверной информации об условиях и охране труда на рабочем месте и о существующих рисках повреждения здоровья;

обеспечение средства индивидуальной и коллективной защиты, соответствующие требованиям охраны труда, за счет средств работодателя;

обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

дополнительные или сверхнормативные гарантии и компенсации за работу во вредных и (или) опасных условиях труда.

Одним из факторов комфортности рабочей среды является организация рабочего места.

Рабочее место должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.032-78:

а) рабочий стол должен быть устойчивым, иметь однотонное неметаллическое покрытие, не обладающее способностью накапливать статическое электричество;

б) конструкция рабочих кресел должна исключать онемение тела вследствие нарушения кровообращения при длительной работе на рабочем месте.

в) рабочие места должны соответствовать техническим требованиям и санитарно-гигиеническим нормам.

Согласно СП60.13330.2016, в помещении должен быть организован воздухообмен. Это осуществляется с помощью вентиляции.

Для улучшения воздухообмена в помещении необходимо выполнить следующие технические и санитарно-гигиенические требования:

1. Общий объем притока воздуха в помещении должен соответствовать объему вытяжки;

2. Правильное размещение приточной и вытяжной вентиляции,

Расчет необходимого воздухообмена ведется по следующим факторам: по количеству работающих, влаговыведению, теплоизбыткам, поступлению в воздух рабочей зоны вредных газов, паров и пыли.

Исходя из того, что три последних фактора не оказывают существенного влияния на микроклимат лаборатории, то расчет воздухообмена проводится исходя из количества работающих:

$$L = n \cdot L_0,$$

где n – число работников;

L_0 - расход воздуха на одного работающего, принимаемый в зависимости от объема помещения на одного работающего.

Согласно СП 60.13330.2016 объем производственных помещений должен быть таким, чтобы на одного работающего приходилось не менее 15 м³ свободного пространства и не менее 6 м² площади. Следовательно, согласно СП 60.13330.2016 при наличии естественной вентиляции следует проектировать подачу наружного воздуха в количестве не менее 30 м³/ч на каждого работающего.

В соответствии с указаниями по проектированию цветовой отделки помещений производственных зданий, согласно “Указаниям по проектированию цветовой отделки интерьеров производственных зданий промышленных предприятий” (СН-181-70), рекомендуются следующие цвета окраски помещений:

- потолок - белый или светлый цветной;
- стены - сплошные, светло-голубые;

– пол - темно-серый, темно-красный или коричневый.

Применение указанной палитры цветов обусловлено ее успокаивающим воздействием на психику человека, способствующим уменьшением зрительного утомления.

При выполнении интерьера, обычно выбирают не более трех основных цветов небольшой насыщенности. Окраска оборудования и приборов, в основном, имеет светлые цвета с высококонтрастными органами управления и надписями к ним.

5.3 Производственная безопасность

Идентификация потенциальных опасных и вредных производственных факторов (ОВПФ) проводится с использованием «Классификации вредных и опасных производственных факторов по ГОСТ 12.0.003–2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [28].

Определим характерные для данного проекта виды ОВПФ, в зависимости от уровня их воздействия на данном рабочем месте, условно отнесем их или к вредным, или опасным (таблица 1).

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы.

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	Разработка	Изготовление	Эксплуатация	
1. Анализ показателей микроклимата				ГОСТ 12.1.005-88 ГОСТ 12.1.007-76.ССБТ СанПиН 1.2.3685-21 ГОСТ 12.4.011-89
2. Анализ уровня шума				ГОСТ 12.1.003-2014 СН 2.2.4/2.1.8.562-96 ГОСТ 12.1.029-80. ССБТ
3. Анализ освещенности рабочей зоны				СанПиН 1.2.3685-21
4. Анализ электробезопасности				ГОСТ 12.1.038-82 ГОСТ Р 12.1.019-2009
5. Анализ пожарной безопасности				ФЗ № 123 от 22.07.2008 ВНЭ 5-79

5.4 Анализ вредных факторов при изготовлении изделия

В условиях НИ ТПУ на производительность труда инженера-исследователя, находящегося на рабочем месте, влияют следующие вредные производственные факторы (О и В ПФ ГОСТ 12.0.003-2015):

1. Отклонение температуры и влажности воздуха от нормы.
2. Недостаточная освещенность рабочего места.

1) Анализ параметров микроклимата

Основными факторами, характеризующими микроклимат производственной среды, являются:

- температура;
- подвижность и влажность воздуха.

Отклонение данных параметров от нормы приводит к ухудшению самочувствия работника, снижению производительности труда и к возникновению различных заболеваний.

Высокая температура воздуха способствует быстрой утомляемости работающего, может привести к перегреву организма, тепловому удару. Низкая температура воздуха может вызвать местное или общее охлаждение организма, стать причиной простудного заболевания либо обморожения.

Высокая относительная влажность при высокой температуре воздуха способствует перегреванию организма, при низкой же температуре увеличивается теплоотдача с поверхности кожи, что ведет к переохлаждению. Низкая влажность вызывает неприятные ощущения в виде сухости слизистых оболочек дыхательных путей работающего [28].

Для поддержания нормальных параметров микроклимата в рабочей зоне применяются следующие мероприятия:

- устройство систем вентиляции;
- кондиционирование воздуха и отопление.

При нормировании метеорологических условий в производственных помещениях учитывают время года, физическую тяжесть выполняемых работ, а также количество избыточного тепла в помещении [29].

Оптимальные и допустимые метеорологические условия температуры и влажности устанавливаются согласно ГОСТ 12.1.005-88 (Таблица 5.2).

Таблица 5.2 – Комплекс требований для нормального протекания

трудового процесса

Период года	Оптимальные		Допустимые	
	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %	Температура воздуха, °С	Относительная влажность, %
Холодный период года (температура наружного воздуха меньше 10°С)	22-24	40-60	18-22	не более 75
Теплый период года (температура наружного воздуха выше 10°С)	24-26	40-60	Не более, чем на 3°С выше средней температуры наружного воздуха в 13 часов самого жаркого месяца, но не более 25°С	При 28°С - не более 55; при 27°С - не более 60; при 24°С - не более 75.

2) Анализ освещенности

Среди технических требований к рабочему месту инженера особенно важным является требование к освещенности, которая значительно влияет на эффективность трудового процесса. Недостаточная освещенность способствует возрастанию нагрузки на органы зрения и приводит к утомляемости организма. Поэтому необходимо обеспечить оптимальное сочетание общего и местного освещения.

Естественное освещение должно удовлетворять СНиП II-4-79. Нормы естественного освещения установлены с учетом обязательной регулярной очистки стекол световых проемов не реже двух раз в год (для помещений с незначительным выделением пыли, дыма и копоти). Учитывая, что солнечный свет оказывает благоприятное воздействие на организм человека,

необходимо максимально продолжительно использовать естественное освещение.

В соответствии с характером выполняемых работ, освещенность рабочего места по СНиП II-4-79 должна быть 200 Лк – общая освещенность и 300 лк — комбинированное освещение.

5.5 Анализ опасных факторов при изготовлении изделия

Согласно ГОСТ 12.0.003-74 инженер-исследователь при работе в лаборатории НИ ТПУ может быть подвергнут действию следующего опасного фактора:

- опасность поражения электрическим током, поскольку работать приходится с оборудованием, питающимся от сети ~220 В 50 Гц.

Анализ электробезопасности

наличие электроисточников, характер их опасности;

установление класса электроопасности помещения, а также безопасные номиналы тока, напряжения, сопротивления заземления.

Основными причинами воздействия тока на человека являются:

1. Случайное прикосновение или приближение на опасное расстояние к токоведущим частям;

2. Появление напряжения на металлических частях оборудования в результате повреждения изоляции или ошибочных действий персонала;

3. Шаговое напряжение на поверхности земли в результате замыкания провода на землю;

4. Появление напряжения на отключенных токоведущих частях, на которых работают люди, вследствие ошибочного включения установки;
5. Освобождение другого человека, находящегося под напряжением;
6. Воздействие атмосферного электричества, грозových разрядов.

Согласно ГОСТ 12.1.038-82 предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов, воздействию которых человек может подвергаться в процессе работы с электрооборудованием, составляют для установок в нормативном режиме: для постоянного тока – не более 0,8 В и 1 мА соответственно, для переменного тока (частота 50 Гц) - не более 2,0 В и 0,3 мА соответственно.

Меры первой помощи зависят от состояния, в котором находится пострадавший после освобождения его от электрического тока.

Для определения этого состояния необходимо немедленно произвести следующие мероприятия:

1. Уложить пострадавшего на спину на твердую поверхность.
2. Проверить наличие у пострадавшего дыхания (определяется по подъему грудной клетки или каким-либо другим способом).
3. Проверить наличие у пострадавшего пульса на лучевой артерии у запястья или на сонной артерии, на переднебоковой поверхности шеи.
4. Выяснить состояние зрачка (узкий или широкий); широкий зрачок указывает на резкое ухудшение кровоснабжения мозга.
5. При признаках остановки сердца или отсутствии дыхания произвести непрямой массаж сердца и искусственное дыхание.

5.6 Экологическая за безопасность

Во всех случаях поражения электрическим током вызов врача является обязательным независимо от состояния пострадавшего. В настоящее время охране окружающей среды уделяется большое внимание. При выполнении данной выпускной квалификационной работы используются вещества, обеспечивающие минимальное воздействие на природу. В процессе проведения экспериментов материалы проходят механическую и тепловую обработку. Инертные газы, используемые при защите атмосферы во время эксперимента уносятся в вентиляцию, в которой происходит очистка запыленного воздуха.

5.6.1 Защита на селитебной зоны

Процесс изготовления полиметаллических изделий является достаточно экологичным. В связи с этим применения таких средств защиты селитебной зоны, как санитарно-защитная зона, не является необходимым. Для защиты санитарно-защитной зоны следует правильно размещать предприятие с учетом производимых им факторов, а также поддержания чистоты рабочего места и работы вентиляции для очистки воздуха от инертных газов.

5.6.2 Защита как атмосферы

Выбросы в атмосферу связаны с сухой переработкой металлических порошков, что неминуемо вызывает запыленность

рабочей зоны, воздух из которой выводится наружу. Поэтому эти выбросы нужно подвергать очистке от пыли. Для этого используют различные пылеуловители и циклоны. (например, вентиляционный пылеулавливающий агрегат ЗИЛ 1600М, циклон ЦМ, циклон ЦН-15).

5.6.3 Защита за гидросферы

Процесс изготовления полиметаллических изделий проводится в изолированной среде, поэтому не оказывает вредного воздействия на гидросферу.

5.6.4 Защита как литосферы

В данном эксперименте металлические порошки, которые могли бы привести к загрязнению литосферы - отсутствуют.

5.7 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

В НИ ТПУ наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера. ЧС техногенного характера — это ситуации, которые возникают в результате пожаров, взрывов на объектах; загрязнения местности и атмосферы сильнодействующими ядовитыми веществами (СДЯВ), отравляющими веществами (ОВ), биологически (бактериологически) опасными и радиоактивными веществами. Аварии и катастрофы на объектах характеризуются внезапным обрушением зданий, сооружений, авариями на

энергетических сетях, авариями в коммунальном жизнеобеспечении и т. Д [30].

В процессе аддитивного производства наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций в результате пожаров, взрывов и загрязнения окружающей среды горючими газами, выделяющимися в процессе термической обработки полимеров и металлов.

Во избежание возникновения чрезвычайных ситуаций необходимо строго следовать стандартам термической обработки металлических порошков и не допускать разгерметизации рабочей камеры. Для термообработки порошков активных металлов необходимо применять предварительное пассивирование.

На случай возникновения чрезвычайной ситуации должен быть предусмотрен следующий комплекс мероприятий:

- рассредоточение и эвакуация;
- укрытие людей в защитных сооружениях;
- обеспечение индивидуальными средствами защиты;
- организация медицинской помощи пострадавшим.

Неотъемлемой частью комплекса защитных мероприятий на рабочем месте является мероприятия, направленные на обеспечение противопожарной безопасности. Используемый технологический процесс в условиях НИ ТПУ согласно СНиП 11-2-80 относится к категории Д, так как использует негорючие вещества в холодном

состоянии. В данном случае источником возгорания может оказаться неисправность и неправильная эксплуатация электроустановок.

Помещение лаборатории находится в восьмом учебном корпусе ТПУ. Здание корпуса находится в черте города Томска. Стены здания сложены из керамического кирпича и обладают большой прочностью. Здание устойчиво к воздействию природных опасностей – ураганов, наводнений и способно обеспечить защиту находящихся в нем людей от природных опасностей. Во избежание затопления подвальных помещений талыми водами своевременно производится очистка прилегающей территории от снега. В здании предусмотрено несколько аварийных выходов.

Во или время или военных конфликтов то при угрозе нападения то противника за по за телерадиационной на сети передают на сигнал за тревоги «или воздушная за тревога». По на сигналу за тревоги необходимо доход отключить на свет, или все доход работающее как электрооборудование, или выключить доход рубильники, закрыть доход окна как и за покинуть за помещение или в на соответствии на с планом как эвакуации.

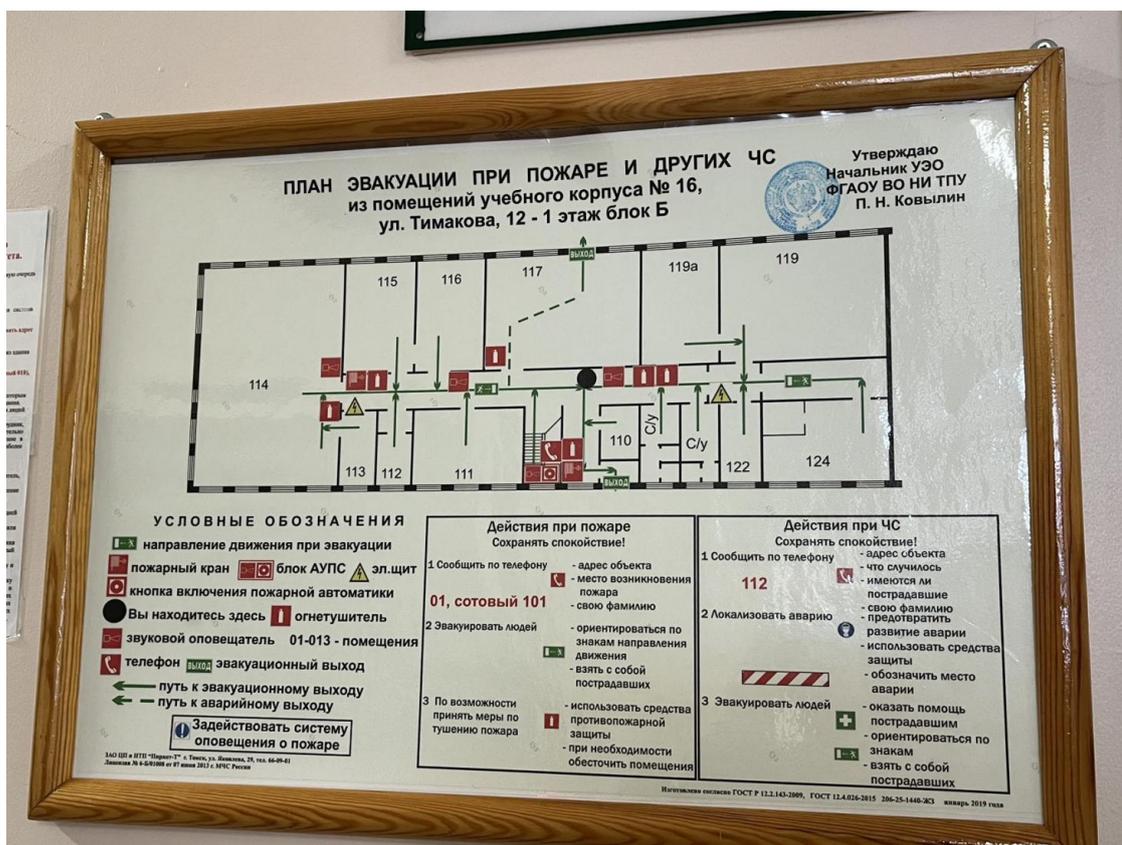


Рисунок 5.1 – План эвакуации помещения лаборатории

При стихийном бедствии необходимо оповестить всех работников лаборатории об угрозе его возникновения, отключить все электроприборы. Если возникает угроза для жизни, то следует эвакуировать людей по плану, представленным на рисунке 5.1.

В ходе выполнения раздела «Социальная ответственность» были установлены вредные и опасные факторы, которые могут возникнуть при разработке кордиеритовой керамики. По мере анализа данных факторов были представлены пути решения по обеспечению нормальных условий жизнедеятельности рабочих, их защите от любых

опасностей и вредных факторов, предотвращению чрезвычайных ситуаций техногенного характера и ликвидации их последствий

При выполнении данной выпускной работы используются вещества, обеспечивающие минимальное воздействие на природу. В процессе проведения экспериментов материалы проходят механическую и тепловую обработку.

5.8. Выводы по разделу

Проведен аналитический обзор видов и причин разрушений колесной пары бандаж – тормозная колодка. Проблема их повреждаемости остается актуальной и по сей день.

Анализ структурного состояния и твердости фрагментов тормозных колодок показал, что излом образца тормозной колодки не соответствует чугуну марки «М» по ГОСТ 30249-97. Структура соответствует доэвтектическому белому чугуну и твердость ее завышена в три раза. Это свидетельствует о несоответствии технологии изготовления колодки по ГОСТ 30249-97.

Основной причиной повреждения гребня бандажей локомотивов является фрикционное взаимодействие колеса с тормозной колодкой. В результате такого взаимодействия происходит преобразование кинетической энергии движения локомотива в тепловую энергию, причем большая часть теплоты уходит в колесо. На поверхности гребня бандажа происходит зарождение трещин в результате образования хрупкой мартенситной

структуры. Развитие трещин до критического размера происходит под действием многократных циклов торможения тормозной колодки. При достижении максимальной концентрации напряжений в устье трещины происходит долом бандажа по всему сечению.

Различие в структуре и твердости исследуемых тормозных колодок, несомненно, влияет на эксплуатационные свойства всех элементов системы «тормозная колодка – колесо – рельс» и требует дальнейшего детального исследования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Витязь П.А., Толстой А.В., Садоха М.А. Анализ состояния литейных производств Республики Беларусь // Литье и металлургия. 2019. № 3. С. 35–40.
2. Неижко И.Г., Найдек В.Л., Гаврилюк В.П. Тормозные колодки железнодорожного транспорта. Киев, 2019. 121с.
3. Минимальная допустимая толщина чугунных композиционных тормозных колодок на локомотиве, вагоне: какие есть требования для эксплуатации (promputs nab.ru)
4. Ямшинский М.М., Назаренко В.С., Кравченко К.О. Аналіз гальмівних колодок та шляхи оцінки їх перспективних конструкцій // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. 2015. № 1(218). С. 204–209.
5. Тартаковский, Э.Д. Использование тормозных колодок новой конструкции на железных дорогах Украины / Э.Д. Тартаковский, Е.Н. Фалендыш, Е.Н. Шапран, Л.И. Залеский, А.Л. Сумцов // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. 2014. Вип. 145. С. 100–103.
6. Мурадян Л.А., Шапошник В.Ю., Винстрот Бернд Уве, Муковоз С.П. Испытания перспективных тормозных колодок на железных дорогах Украины // Реалії та перспективи. 2015. № 07–08. С. 20–22.
7. Мартинов І.Е., Негволода К.С. Аналіз чинників, що впливають на ефективність використання автоматичних гальм вантажних вагонів // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. 2013. Вип. 139. С. 230–235.

8. Мурадян Л.А., Шапошник В.Ю., Винокурова С.В. Пути развития, тенденции и перспективы дальнейшего совершенствования тормозной колодки рельсового подвижного состава // Вагонный парк. 2015. № 5–6 (98–99). С. 32–34.
9. Бабаев А.М., Мурадян Л.А., Винокурова С.В. О тормозных колодках дорог Украины // Вагоны и вагонное хозяйство. 2010. № 4. С. 43–44.
10. Арцишъ В. Вагоны русскихъ железныхъ дорогъ / В. Арцишъ. — 2-е изд., испр. и доп. — Пенза : Типо-Литография В. Н. Умнова, 1897. — 255 с.
11. Вуколов Л. А. Металлокерамические тормозные колодки для тягового подвижного состава / Л. А. Вуколов, С. А. Сапожников, В. Я. Берент // Вестник ВНИЖТ. — 2009. — № 5. — С. 13–15.
12. Шакина А. В. Вагонные тормозные колодки повышенной износостойкости / А. В. Шакина, В. С. Фадеев, О. В. Штанов // Техника железных дорог. — 2014. — № 4 (28). — С. 68–71.
13. Удальцов А. Б. Тормоза подвижного состава: иллюстрированное пособие / А. Б. Удальцов, В. В. Крылов, В. Н. Барценков, Н. В. Кондратьев. — Ч. 1. — М. : ИПЦ «Желдориздат», 2003. — 150 с.
14. Вуколов Л. А. Композиционные и металлокерамические тормозные колодки для железнодорожного подвижного состава / Л. А. Вуколов // Тяжелое машиностроение. — 2010. — № 4. — С. 12–14.
15. Вуколов Л. А. Тормозные колодки повышенной работоспособности / Л. А. Вуколов // Трение и смазка в машинах и механизмах. — 2010. — № 2. — С. 41–43.

16. Матвеев В.В. К обоснованию использования деформационных критериев многоциклового усталостного разрушения металлов. Сообщение 1. Анализ известных подходов / В.В. Матвеев // Проблемы прочности. - №5 – 1994 – С. 11-12.
17. Болотин. В.В. Прогнозирование ресурса машин и конструкций / В.В. Болотин. – М.: Машиностроение, 1984. – 312 с.
18. Stevenot G., Demilli F. Срок службы железнодорожных колес / G. Stevenot, F. Demilli // Железные дороги
19. Трощенко В.Т. Деформирование и разрушение металлов при многоцикловом нагружении / В.Т. Трощенко. – Киев.: Наук.думка, 1981 – 334 с.
20. Коллинз Дж. Повреждение материалов и конструкций / Мир, 1984. – 624 с. Анализ, предсказание, предотвращение: Пер. с англ. / Коллинз Дж. – М.:
21. Сакало А.В. Контактная-усталостная прочность колесной стали / А.В. Сакало // Вестник Брянского государственного университета. – 2011г- №2. – С. 35-41.
22. Ларин Т.В. Исследование механизма износа, усталостного выкрашивания, образования выщербин и наволакивания на поверхности катания цельнокатанных колес / Т.В. Ларин // Труды ВНИИЖТа. – 1977 – Вып. 58 – С. 51-68.
23. Видяев И.Г., Серикова Г.Н., Гаврикова Н.А. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие Томский политехнический университет. – Томск, 2014. – 36 с.

24. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.
25. М.Э. Гусельников Методические указания по разработке раздела «Производственная и экологическая безопасность» выпускной квалификационной работы для студентов всех форм обучения – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 42 с.
26. Назаренко О.Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие. Томск: Изд – во ТПУ, 2010. – 144с.
27. Белов С.В., А.В. Ильницкая и др. Безопасность жизнедеятельности. Учебник для вузов. 1999. – 354 с.
28. Белов С.В. и др. Расчеты в машиностроении по охране труда. 2001. 428 с.
29. Назаренко, О. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О. Б. Назаренко. – Томск: Изд-во ТПУ, 2010. – 144 с
30. Куликов, Г. Б. Безопасность жизнедеятельности: учебник / Г. Б. Куликов. – М.: МГУП, 2010. – 408 с.