

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка эффективности действия индивидуальных антипиренов на горючесть древесины

УДК 614.841.411:620:691.11

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Вернер Наталья Дмитриевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД	Назаренко О.Б.	Д.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева И.И.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	К.Х.Н.		

Томск – 2022 г.

Планируемые результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код компетенции	Наименование компетенции
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	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ОПК(У)-5	Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе
ДОПК(У)-1	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовать, планировать и реализовать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения объектов защиты
ПК(У)-14	Способность определять нормативные уровни допустимых негативных воздействий на человека и окружающую среду
ПК(У)-15	Способность проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации
ПК(У)-16	Способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов
ПК(У)-17	Способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска
ПК(У)-18	Готовность осуществлять проверки безопасного состояния объектов различного назначения, участвовать в экспертизах их безопасности, регламентированных действующим законодательством Российской Федерации

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
20.03.01 Техносферная безопасность
_____ А.Н. Вторушина
04.02.2022 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1E81	Вернер Наталье Дмитриевне

Тема работы:

Оценка эффективности действия индивидуальных антипиренов на горючесть древесины

Утверждена приказом директора (дата, номер)

От 12.01.2022 №12-30/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

02.06.2022 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объект исследования – горючесть древесины. Литературные данные, статьи, методические указания по проведению термического анализа, испытаний по оценке эффективности огнезащитной обработки, определению зольности.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Произвести обзор современного состояния вопроса огнезащиты древесины, изучить показатели пожароопасности;2. Провести термический анализ образцов антипиренов, испытания по контролю качества огнезащитной обработки образцов древесины, определить зольность;3. Проанализировать полученные результаты;4. Разработать разделы «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и

	ресурсосбережение», ответственность».	«Социальная
Перечень графического материала	Таблицы, рисунки исследуемых образцов, графики полученных значений термического анализа.	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы		
Раздел	Консультант	
Социальная ответственность	Авдеева И.И.	
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Гасанов М.А.	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД	Назаренко Ольга Брониславовна	д.т.н		04.02.2022 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Вернер Наталья Дмитриевна		04.02.2022 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Уровень образования бакалавриат
Отделение контроля и диагностики
Период выполнения весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	02.06.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
14.03.2022	Обзор литературных данных, изготовление образцов антипиренов, образцов необработанной и пропитанной древесины	20
31.03.2022	Изучение методик термического анализа, определения зольности, испытаний методом контроля качества огнезащитной обработки	10
10.04.2022	Проведение экспериментальных исследований	15
24.04.2022	Обработка полученных результатов	15
14.05.2022	Анализ результатов экспериментов	10
20.05.2022	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.06.2022 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОКД	Назаренко О.Б.	Д.Т.Н.		04.02.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Вторушина А.Н.	К.Х.Н.		04.02.2022

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

Студенту:

Группа	ФИО
1E81	Вернер Наталья Дмитриевне

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Оклад руководителя – 30000 руб. Оклад инженера – 15000 руб.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Премимальный коэффициент руководителя 30%; Премимальный коэффициент инженера 20%; Доплаты и надбавки руководителя 30%; Дополнительной заработной платы 12%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3%.</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30,2 %</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ разработанной стратегии</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	<i>Определение структуры работ. Расчет трудоемкости выполнения работ. Подсчет бюджета исследования</i>
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	4.03.2022
---	-----------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
профессор ОСГН	Гасанов М.А.	Д.э.н.		4.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Вернер Наталья Дмитриевна		4.03.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
1E81		Вернер Наталья Дмитриевна	
Школа	Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности	Отделение (НОЦ)	Отделение контроля и диагностики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/ специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема ВКР:

Оценка эффективности действия индивидуальных антипиренов на горючесть древесины

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение	<p><i>Объект исследования:</i> антипирены для снижения горючести древесины <i>Область применения:</i> пожарная безопасность <i>Рабочая зона:</i> лаборатория <i>Размеры помещения:</i> 5*5 м <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> прибор комплексного термического анализа STA 449C, установка для оценки качества огнезащитной обработки деревянных конструкций, весы, муфельная печь <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> термический анализ образцов антипиренов, испытания по оценке качества огнезащитной обработки антипиренами, определение зольности.</p>
-----------------	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:	<p>ГОСТ Р 53292-2009 «Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний»; Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в ред. от 30.04.2021); ТК РФ Статья 221 Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты; Федеральный закон от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (в ред. от 01.01.2021)</p>
2. Производственная безопасность при эксплуатации:	<p>Вредные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Недостаточная освещенность; 2. Нарушения микроклимата; 3. Повышенный уровень шума; 4. Загазованность рабочей среды; 5. Монотонность труда; 6. Повышенный уровень вибрации; 7. Вредные вещества; <p>Опасные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Электрический ток; 2. Статическое электричество; 3. Короткое замыкание; 4. Повышенный уровень температуры; 5. Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов; <p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: использование перчаток, масок; беруши; защитные ограждения; изоляция токопроводящих частей; вентиляция; предупреждающие вывески</p>

3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	Воздействие на селитебную зону: отсутствует; Воздействие на литосферу: наличие промышленных отходов (бумага-черновики, люминесцентные лампы); Воздействие на гидросферу: сброс сточных вод; Воздействие на атмосферу: выбросы из вентиляционных систем
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации	Возможные ЧС: Природная (сильные морозы зимой: аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); Техногенная (утечка газа из печи при сжигании образцов при проведении исследования, пожар в помещении); Наиболее типичная ЧС: пожар в помещении
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Авдеева Ирина Ивановна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E81	Вернер Наталья Дмитриевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 78 страниц, 9 рисунков, 20 таблиц, 40 источников.

Ключевые слова: древесина, гидроксид алюминия, борная кислота, полифосфат меламина, пожароопасность, горючесть, термический анализ, огнезащитная обработка, зольность.

Объектом исследования является горючесть древесины.

Цель работы – оценить эффективность действия индивидуальных антипиренов на горючесть древесины.

В процессе исследования проводились: анализ литературных и научных статей, содержащих информацию о пожарной опасности древесины, способах ее защиты, а также экспериментальные исследования влияния антипиренов на горючесть древесины.

В результате исследования получены зависимости масс образцов от температуры, проведена оценка качества огнезащитной обработки образцов древесины, пропитанных растворами антипиренов, определена зольность образцов древесины.

Степень внедрения: полученные в работе результаты будут использованы для разработки огнезащитных средств для древесины и оценки присутствия антипиренирующих веществ на деревянных конструкциях

Область применения: исследования в сфере пожаробезопасности.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

Деструкция: процесс, сопровождающийся разрывом химических связей макромолекул под действием факторов окружающей среды.

Список используемых сокращений:

ГА – гидроксид алюминия

БК – борная кислота

ПФМ – полифосфат меламина

ТГ – термогравиметрический анализ

ДСК – дифференциально-сканирующая калориметрия

ОС – огнезащитный состав

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	13
1. Теоретические положения исследования.....	15
1.1 Обзор современного состояния огнезащиты древесины	15
1.2 Пожарная опасность древесины	15
1.3 Защита древесины от огня	19
1.4 Индивидуальные антипирены. Общие сведения	22
1.4.1 Гидроксид алюминия	22
1.4.2 Борная кислота	23
1.4.3 Полифосфат меламина	23
2. Методы исследования	25
2.1 Термический анализ	25
2.2 Испытания методом контроля качества огнезащитной обработки	28
2.2.1 Отбор проб.....	29
2.3 Определение зольности.....	30
3. Экспериментальная часть	33
3.1 Термический анализ индивидуальных антипиренов.....	33
3.2 Испытания методом контроля качества огнезащитной обработки	35
3.3 Определение зольности.....	37
3.4 Выводы	39
4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	41
4.1 Предпроектный анализ	42
4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования.....	42
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	42
4.1.3 SWOT-анализ.....	44
4.2 Планирование работ по научно-техническому исследованию	46
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	46
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ.....	47
4.2.3 Разработка графика проведения научного исследования	51
4.3 Бюджет научно-технического исследования.....	55
4.3.1 Расчет материальных затрат научного исследования	55
4.3.2 Основная заработная плата исполнителей темы.....	56
4.3.3 Расчет дополнительной заработной платы	57

4.3.4	Расчет отчислений во внебюджетные фонды	57
4.3.5	Накладные расходы.....	58
4.3.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта .	58
4.4.	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	59
5.	Социальная ответственность	60
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	61
5.2	Производственная безопасность	61
5.2.1	Анализ выявленных вредных и опасных факторов на рабочем месте .	61
5.2.2	Недостаточная освещенность	63
5.2.3	Нарушения микроклимата	63
5.2.4	Шум.....	64
5.2.5	Загазованность рабочей среды	64
5.2.6	Монотонность труда	65
5.2.7	Вибрация	65
5.2.8	Вредные вещества.....	66
5.2.9	Электрический ток.....	66
5.2.10	Статическое электричество	66
5.2.11	Короткое замыкание	67
5.2.12	Повышенный уровень температуры.....	67
5.2.13	Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	67
5.3	Экологическая безопасность	68
5.3.1	Воздействие на литосферу.....	68
5.3.2	Воздействие на атмосферу	69
5.3.3	Воздействие на гидросферу.....	69
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	70
5.4.1	Анализ возможных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	70
5.4.2	Анализ наиболее типичных ЧС, которые могут возникнуть в лаборатории при проведении исследований	70
	Заключение по разделу социальная ответственность	71
	Заключение	73
	Список использованных источников	74

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время древесина является самым распространенным строительным материалом. Древесина широко применяется в различных сферах производства и народного хозяйства. Она до сих пор востребована, так как имеет ряд полезных свойств, таких как экологическая безопасность, легкость обработки, долговечность, также древесина является возобновляемым ресурсом, что значительно упрощает ее использование.

Несмотря на всю полезность древесины, главным ее недостатком является высокая пожарная опасность. Основываясь на различных нормативных документах, можно сделать вывод о том, что необходимый уровень пожарной безопасности строительных конструкций из древесины можно обеспечить с помощью средств защиты, таких как огнезащитные средства и огнебиозащитные составы для пропитки древесины. В данной области существует различное множество разработок, которые связаны с обоснованием различных антипиреирующих составов. К примеру, пожарную опасность можно снизить использованием вспучивающихся покрытий, но при этом материал не будет устойчив к биодеструкции. Устойчивость древесины к воздействию опасных факторов пожара и биологическому разрушению обеспечивает глубокая пропитка, но, чтобы реализовать пропитку, требуются большие материальные и технические затраты. Массово применяется поверхностная пропитка древесины огнезащитными составами. Такой способ обеспечивает глубину проникновения. Также метод отличается простотой реализации. Немаловажен тот факт, что действие некоторых отдельных огнезащитных составов еще не изучено.

Определение наличия огнезащитных средств на поверхности древесины связано с надзором за соблюдением требований пожарной безопасности и является важным вопросом при расследовании пожаров. Но используемые для этого методики являются достаточно сложными для реализации.

Несмотря на большое количество возможных антипирящих веществ и составов, эффективность некоторых индивидуальных антипиренов недостаточно изучена. Этим подтверждается актуальность исследований по оценке эффективности индивидуальных антипиренов на горючесть древесины.

Объект исследования – горючесть древесины.

Предмет исследования – эффективность действия индивидуальных антипиренов на горючесть древесины.

Цель работы – оценить эффективность действия индивидуальных антипиренов на горючесть древесины.

Задачи:

1. Выполнить литературный обзор современного состояния огнезащиты древесины, ее пожарной опасности и способах защиты.

2. Выбрать антипирены для исследования и подготовить образцы для проведения испытаний.

3. Провести испытания образцов методами термического анализа, методом контроля качества огнезащитной обработки, а также произвести определение зольности, обработать полученные результаты.

4. Сделать вывод об эффективности действия индивидуальных антипиренов на горючесть древесины.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ОГНЕЗАЩИТЫ ДРЕВЕСИНЫ

Древесина – ценный натуральный материал, который является довольно популярным из-за своих уникальных особенностей. Свое применение древесина находит во многих сферах народного хозяйства, например, с помощью древесины возможно получение тепловой энергии, синтез различных химических веществ, а также изготовление товаров широкого потребления. Главными достоинствами древесины являются простота обработки, экологическая безопасность, общедоступность и возобновляемость ресурса.

Строительство зданий и сооружений различного назначения долгое время происходило с использованием древесины. Причиной этого было то, что древесина обладает высокой теплоизолирующей способностью. На сегодняшний день древесина так же востребована в строительстве, так как применяется при изготовлении разных элементов. Конструкции жилых домов, в особенности частных домовладений, выполнены из древесины и материалов на ее основе более чем на 70 %. Перспективой развития деревянного строительства сооружений различного назначения является производство и применение конструкционных материалов из цельной древесины. В данный момент происходит развитие новых технологий, позволяющих это реализовать [1].

Несмотря на многочисленные плюсы использования древесины, в строительстве получило широкое распространение поддержание «пожарной безопасности зданий, сооружений, конструкций и отдельных элементов, выполненных из древесины» [1].

В настоящее время поддержание пожарной безопасности зданий и сооружений является актуальной задачей. Пожары, возникающие в зданиях, помещениях, построенные с применением горючих материалов, наносят огромный ущерб людям. Именно поэтому возникла необходимость снижения

пожарной опасности строительным материалам. В связи с этим многие годы проводится поиск средств и способов, при помощи которых будет снижена опасность возгорания изделий из древесины.

Поиск путей снижения пожарной опасности различных органических материалов начался еще в XVIII веке. Для этого материалы пропитывали минеральными веществами. Позднее пожарную опасность конструкций из древесины снижали путем нанесения известкового раствора их на поверхность.

Исследования в области обеспечения огнезащиты древесины, основанных на науке, начались с 30-х годов прошлого века. В результате на основе полученных знаний о процессах, протекающих при горении древесины, разрабатывались огнезащитные составы. Такие составы способствовали повышению устойчивости материала к возгоранию при действии слабого источника, кроме того, использование средств огнезащиты позволяло снизить скорость распространения пламени на ранних стадиях развития пожара по поверхности материала.

В настоящее время известно множество исследований в области огнезащиты древесины. Многие из них направлены на изучение действия огнезащитных составов и индивидуальных антипиренов на горючесть древесины. Подходы к исследованию бывают разными, например, известны работы, в которых изучается влияние длительности пропитки древесины на её огнестойкость [2]. Также изучают как расход огнезащитного состава влияет на свойства древесины, результаты показывают, что чем больше расход состава, тем выше стойкость древесины [3].

Так как зачастую огнезащитные составы являются многокомпонентными, это приводит к ухудшению некоторых свойств материала, при этом области применения уже обработанного материала значительно сокращаются, так как его использование становится малоэффективным. Еще одной проблемой использования огнезащитных составов является их высокая стоимость.

Стоит отметить, что принятием мер по защите материалов от огня позволяет предотвратить возгорание, уменьшить скорость или остановить развитие пожара на ранних стадиях, обеспечить его локализацию, ограничить действие опасных факторов пожара. Всё это также способствует быстрой ликвидации пожара [4].

1.2 ПОЖАРНАЯ ОПАСНОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ

С древнейших времен древесина была источником тепла и освещения, позднее ее стали использовать для получения энергии. Так же древесина являлась и до сих пор является одним из самых востребованных материалов, применяющихся в строительстве в качестве отделочных и конструкторских материалов. Несмотря на ее широкое применение, древесина – материал с высокой горючестью, представляет угрозу, так как может быть причиной пожаров, которые носят разрушительный характер и часто сопровождаются большим числом пострадавших и погибших, при этом приводят к значительным материальным потерям.

Характерной особенностью горения древесины является наличие пламени и дыма. Дым – это система, состоящая из продуктов горения и взвешенных твердых частиц. Цвет и запах дыма определяется составом горючего вещества и условиями его горения. Зачастую дым имеет серовато-черный цвет. Продукты неполного сгорания образуются при недостатке кислорода при окислении горючего вещества и по составу могут быть разнообразны, с воздухом способны образовывать взрывоопасными смеси, для организмов являются ядовитыми.

На основании этого выделяют ряд «показателей пожароопасности древесины, таких как: воспламеняемость, распространение пламени, тепловыделение, дымообразующую способность и токсичность продуктов горения» [5]:

1. Тепловыделение – процесс, при котором происходит выделение тепла. Химическая реакция в основном является источником выделения тепла

при пожаре. Данный процесс характеризуется скоростью, от которой зависят многие показатели пожарной опасности при горении древесины.

2. Дымообразующая способность («дымообразование») – «способность веществ, материалов и изделий выделять дым при горении или термическом разложении» [5].

3. Токсичность продуктов горения – это способность химических веществ нарушать нормальное функционирование организма человека, животных и растений и вызывать его отравление и гибель.

Выделение дыма и токсичных газов представляет собой доминирующую опасность при пожаре. Она проявляется в токсическом и раздражающем действии продуктов сгорания, а также в ухудшении видимости в задымленной среде. Ухудшение видимости затрудняет эвакуацию людей из опасной зоны, что повышает риск их отравления продуктами сгорания. Ситуация при пожаре осложняется тем, что дымовые газы распространяются с высокой скоростью в пространстве и проникают в помещения, удаленные от очага пожара.

4. Распространение пламени по поверхности древесины сложный физико-химический процесс, который зависит от множества условий.

5. Воспламеняемость – способность материалов и конструкций к воспламенению.

В связи с высокой пожарной опасностью интерес к термическим характеристикам древесины существенно возрос в последние годы. Данная область хорошо изучена и проработана, проведено достаточное количество анализов методами термогравиметрии. Например, в статье С. Р. Лоскутова проведен «термический анализ древесины основных лесообразующих пород средней Сибири» [6]. Также в статье Е.А. Анохина описаны результаты термического анализа естественной сосны [7]. Результаты представлены ниже в виде таблицы.

Таблица 1 – Результаты термического анализа сосны

Температурный интервал, °С	Потеря массы, %
30 – 150	5,79
150 – 450	70,05
450 – 600	98

Наибольшая потеря массы сосны происходит в интервале температур от 150 до 450 °С. Необходимо в данном диапазоне обеспечить устойчивость древесине.

1.3 ЗАЩИТА ДРЕВЕСИНЫ ОТ ОГНЯ

Уникальные свойства древесины способствуют широкому её применению в сфере строительства. Как уже отмечалось выше, древесина подвержена быстрому возгоранию. Одной из составляющих комплекса мер по предотвращению пожаров в домах и сооружениях является защита деревянных конструкций от огня, таких как стена, кровля, перекрытие и внутреннее покрытие.

Главными целями огнезащиты древесины являются:

1. Обеспечение невоспламеняемости древесины от энергии малых калорий;
2. Снижения горючести путем уменьшения скорости распространения пламени по поверхности;
3. Ограничение распространения пламени по поверхности конструкций на ранних стадиях развития пожара.

Горючесть – основной показатель пожарной опасности, который учитывается при разработке огнезащитных составов и средств.

Защита древесины от огня осуществляется пропиткой ее антипиренами – химическими веществами, которые подавляют реакцию горения на этапе возгорания, являясь ингибиторами. Антипиренами могут выступать как отдельные соединения, так и сам огнезащитный состав.

В настоящее время разработано множество норм и правил эксплуатации деревянных конструкций, которые регламентируют методы испытаний

огнезащитных качеств несущим элементам зданий и сооружений. Они указаны в ГОСТ 30402-96, ГОСТ 30244-94 и ГОСТ 51032-97 [8, 9, 10]. Данные нормы устанавливают «методы испытаний строительных материалов на горючесть и классификацию их по группам горючести, метод испытания строительных материалов на воспламеняемость и классификацию их по группам воспламеняемости» [8, 9]. Кроме того, нормами установлен «метод испытания на распространение пламени по материалам поверхностных слоев конструкций полов и кровель, а также классификацию их по группам распространения пламени» [10].

Различными нормативными актами установлено, что должна проводиться и организовываться «обработка строительных конструкций и отделочных материалов из древесины» в определенные сроки. При этом необходимо в документации на огнезащитные средства при их производстве указывать параметры, которые характеризуют «область их применения, эффективность огнезащиты, способы подготовки поверхностей перед нанесением», а также способы нанесения, покрытий, гарантийные периоды использования. Кроме того руководители объектов являются ответственными лицами «за своевременное устранение повреждений огнезащитных покрытий», организацию «проведения ежегодных проверок их состояния, повторную обработку строительных конструкций по окончании гарантийного периода эффективности защиты от огня», определяемого по данным акта предыдущего проведения работ, инструкции компании производителя огнезащитных составов, «проведения испытаний огнезащитных средств для древесины, методы определения огнезащитных характеристик» [11, 12, 13].

Огнезащитные вещества и средства входят в перечень продукции, которая обязательно должна проходить сертификацию в области пожарной безопасности. В связи с этим и разрабатывается большое количество нормативной и технической документации.

По форме выпуска бывают такие виды огнезащитных составов, как:

1. Краски;

2. Лаки;
3. Пасты и мастики;
4. Пропитки;
5. Комбинированные составы.

Лаки и краски являются самыми распространенными средствами защиты. Лаки и краски довольно легко использовать, их можно наносить на элементы конструкций до или после монтажа. При этом они образуют на древесине тонкую пленку, обеспечивая высокую устойчивость к возгоранию, также защищая его от гниения и разрушения под действием влаги. Обычно лаки выпускают прозрачными, а краски имеют различные цвета.

Пасты и мастики менее популярны из-за того, что придают неэстетический вид поверхности.

Одним из самых надежных средств огнезащиты являются пропитки. Пропитки при их нанесении проникают вглубь древесины, образуя оболочку, устойчивую к огню, при этом не образуется пленочная оболочка. Сложность и недостаток пропиток заключается в том, что для качественного нанесения лучше использовать такие методы как обработка под давлением или погружение всех элементов деревянной конструкции в раствор.

Комбинированные составы в основном требуют поэтапного нанесения, так как состоят обычно из средств нескольких разновидностей.

Изготовители при производстве огнезащитных составов устанавливают уникальную рецептуру, наименование и марку. Импортные средства огнезащиты в России зачастую имеют высокую стоимость и поэтому редко применяются при обработке древесных материалов. При этом отечественные огнезащитные составы являются довольно востребованными на рынке и представлены в виде сухих смесей, готовых растворов, красок, лаков для огнезащиты древесины. По своим техническим характеристикам российские средства несколько не уступают импортным.

При рассмотрении состава различных средств защиты древесины от огня, можно выделить ряд постоянно встречающихся веществ – антипиренов.

Они бывают различны – от простых веществ до сложных химических соединений, а именно:

1. Фосфорнокислый аммоний.
2. Сернокислый аммоний.
3. Фтористый натрий.
4. Соли борной, кремниевой кислоты.
5. Мочевина.
6. Карбонаты аммония.
7. Фосфорсодержащие органические соединения.

Также в состав любого огнезащитного средства помимо антипирецирующих веществ вводят различные промышленные красители, которые нужны для контроля работ по нанесению на поверхность строительных материалов, поверхностно-активные вещества используются в составах в качестве смачивателей.

1.4 ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ АНТИПИРЕНЫ. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В данной работе в качестве индивидуальных антипиренов использовались гидроксид алюминия, борная кислота, полифосфат меламина.

1.4.1 ГИДРОКСИД АЛЮМИНИЯ

Гидроксид алюминия (ГА) – одно из самых эффективных средств повышения пожарной безопасности композитных материалов. Гидроксид алюминия добавляется в состав этих материалов в процессе производства – самостоятельно или в сочетании с другими антипиренами. Важным преимуществом использования этого вещества в качестве огнезащитной добавки является его сравнительно невысокая цена. Он безопасен для человека и окружающей среды в отличие от галогенсодержащих антипиренов. Механизм огнезащитного действия гидроксида алюминия основан на «эффекте эндотермического разложения антипирена» [14]. Данное вещество обеспечивает огнезащиту за счет такой способности, как снижение

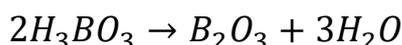
температуры в зоне горения, нейтрализация и разбавление токсичных газов, образование парового и изолирующих барьеров. Разлагается при температурах от 190 до 230 °С в зависимости от размера частиц, при этом выделяется кристаллизационная влага в объеме до 34% массы вещества:



Использование гидроксида алюминия позволяет снизить горючесть материала в том числе за счет увеличения доли негорючей минеральной составляющей [14].

1.4.2 БОРНАЯ КИСЛОТА

Борная кислота (БК) – неорганическое соединение, используемое в качестве антипирена, а также обладающее свойствами антисептика. Обычно борная кислота находится в кристаллическом виде. Водные растворы при реакции с металлами слабо подвергают их коррозии. При нанесении раствора кислоты на древесину не происходит увеличения поглощения материалом влаги. Как антипирен применяется борная кислота техническая. При нагревании борная кислота расплавляется в стекловидную массу и препятствует горению и распространению пламени [15]. Реакция разложения борной кислоты протекает при 235 °С с образованием воды и оксида бора:



1.4.3 ПОЛИФОСФАТ МЕЛАМИНА

Полифосфат меламина (ПФМ) является сложным химическим соединением, производным от меламина, брутто формула – $C_3H_6N_6(H_3PO_4)_n$. Полифосфат меламина плохо растворяется в воде, но более термически стабилен по сравнению с обычным меламином. Данное соединение экологически безопасно для людей и животных – это важное преимущество относительно других соединений. В состав полифосфата меламина не входят галогены, которые являются ядовитыми и вредными для окружающей среды. При температуре 350 °С происходит разложение соединения, при этом

происходит поглощение тепла и выделение негорючих газов, обладающих малой плотностью и токсичностью. При разложении образуются аммиак, вода, углекислый газ и полифосфорная кислота. Полифосфорная кислота способствует образованию кокса, также образовавшиеся газы не способны поддерживать горение [16]. Благодаря полифосфату меламина, входящему в состав материалов в качестве антипирена, обеспечивается высокая огнестойкость, отличные механические и электрические свойства композиционных материалов.

2. МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ

Под термическим анализом понимается исследование химических и физико-химических превращений, которые происходят при изменении температуры. С помощью данного метода можно определить тепловой эффект и природу исследуемой химической реакции. Результатом термического анализа является график, который выражает зависимость химического состава и строения исследуемого вещества от температуры. Такой график принято называть термограммой.

Существует несколько методов термического анализа таких, как [17]:

1. Дилатометрия;
2. Дифференциальная сканирующая калориметрия (ДСК);
3. Дифференциальный термический анализ (ДТА);
4. Термомеханический анализ / динамический механический анализ (ДМА);
5. Термогравиметрический анализ (ТГА);
6. Совмещенный термический анализ (СТА);
7. Метод лазерной вспышки;
8. Анализ выделяющихся газов (АВГ).

В данной работе рассматриваются такие методы анализа, как термогравиметрический метод, дифференциально-термогравиметрический метод, дифференциальная сканирующая калориметрия.

В основе термогравиметрического метода анализа лежит «наблюдение за изменением массы пробы в течение некоторого времени при линейном повышении температуры, при этом происходит высушивание пробы и ее разложение. Эти процессы происходят за несколько стадий» [18].

При длительном процессе нагревания происходит пиролиз вещества, то есть окисление при высоких температурах, этот процесс происходит в большое количество стадий. На протяжении каждого процесса происходит изменение

массы вещества, причем процесс идет при определенной температуре. Благодаря этому на графике получают изменение массы при различных температурах.

Для проведения термогравиметрического анализа используют специальные термовесы. Термовесы в свою очередь состоят из печи для нагревания образца материала, регулирования температуры и давления; регистрирующих весов; датчиков температуры и массы; устройства списывания показаний термовесов. ТГ-анализ является точным и чувствительным методом для определения составных частей веществ и примесей в них, так как термические характеристики примесей и термические характеристики вещества имеют отличия, на термограмме появляются соответствующие изменения, которые связаны со свойствами примесей.

На практике вместе с ТГ-анализом применяют метод деривативную термогравиметрию (ДТГ). Этот метод показывает изменение скорости массы, то есть является первой производной ТГ кривой во времени или температуры. На ДТГ-кривой можно увидеть ряд пиков, расположение которых совпадает со ступенями кривой ТГ. При помощи ДТГ-кривых определяют температурные пределы реакции и температуру, которая соответствует максимальной скорости реакции. ТГ- и ДТГ-кривые позволяют рассчитать энергию активации процесса и порядок реакции [18].

Дифференциально сканирующая калориметрия дает возможность количественно измерять тепловые изменения в исследуемом образце. При ДСК получают график, который представляет зависимость теплового потока от температуры или времени.

Метод ДСК очень схож с ДТА. В ДСК, как и в ДТА, возможно определить тепловой эффект процессов. Но есть и различия между этими методами. Применяя метод дифференциальной термической калориметрии, в отличие от ДТА, можно определить удельную теплоемкость образца. Так же при ДСК применяется другой тип термочувствительных датчиков [18].

Благодаря методу ДСК можно изучать, как влияют различные среды на термодинамические параметры фазовых превращений термореактивных материалов.

Чаще всего на практике применяют комплексный термический анализ, то есть использование нескольких методов анализа. При исследовании минерального вещества используют метод ТГ и анализ состава газообразных продуктов.

В данной работе комплексный термический анализ выполнен при помощи современного прибора STA 449C, который состоит из измерительного блока, блока питания, термостата, системного контроллера TASK, компьютера. В состав измерительного блока входят: термовесы, печь, подъемное устройство, держатель образца, клапан выхода газа. Современный прибор STA 449C изображен на рисунке 1 ниже.

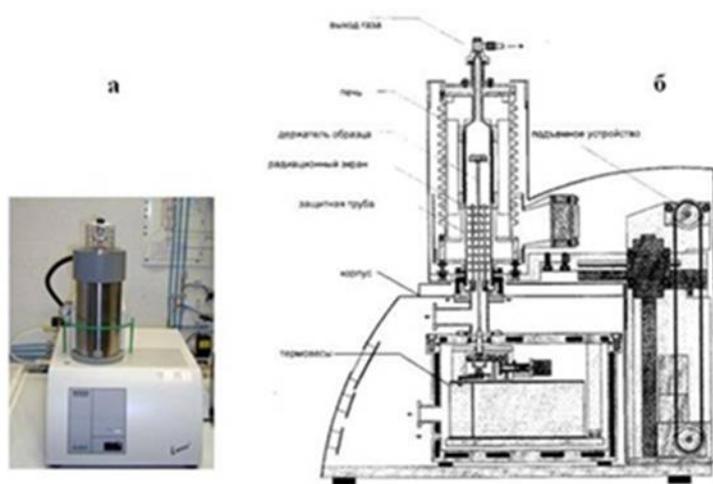


Рисунок 1 – Прибор комплексного термического анализа STA 449C

Прибор STA 449C работает при высоких температурах. Рабочий диапазон температур зависит от материала нагревателя печи и термопары, например, это может быть вольфрам. Печь прибора имеет хорошую герметизацию. При нагревании выделяющиеся во время анализа газы можно собирать без потерь и направлять их на приставку, которая заблокирована с прибором, для масс-спектрометрического анализа.

Термический анализ в данной работе проводился при следующих условиях:

- скорость нагрева изучаемых образцов эпоксидных композитов составляла 10 °С/мин;
- интервал температур от 20 до 1000 °С.
- нагревание образцов осуществляли в атмосфере воздуха.

2.2 ИСПЫТАНИЯ МЕТОДОМ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКИ

Методы испытания антипирированной древесины регламентированы национальным стандартом ГОСТ Р 53292-2009. Настоящий стандарт устанавливает общие требования к огнезащитным составам и веществам для древесины и материалов на ее основе, а также методы их испытания [12].

Также стандартом регламентированы правила и порядок проведения контроля качества огнезащитной обработки. Для проведения контроля качества огнезащитной обработки образцы древесины, обработанные ОС, подвергают действию огня, при этом фиксируются [12]:

- изменение цвета, усадка, вспучивание, коробление, тление и др.;
- появление признаков воспламенения (пламенное горение вне зоны воздействия пламени газовой горелки);
- самостоятельное горение после отключения газовой горелки;
- сквозное прогорание до образования отверстия;
- обугливание на всю глубину в зоне воздействия пламени газовой горелки;
- полное или неполное обугливание обработанной ОС стороны образца на площади, ограниченной рамкой зажимного устройства.

Результат испытаний оценивают по следующим критериям [12]:

1. Самостоятельное горение после отключения газовой горелки (допускается наличие локального горения в зоне воздействия газовой горелки в течение не более пяти секунд после ее отключения);
2. Сквозное прогорание до образования отверстия;

3. Обугливание обработанной ОС стороны образца по всей площади, ограниченной рамкой зажимного устройства;

4. Обугливание на всю глубину в зоне воздействия пламени газовой горелки при наличии признаков воспламенения (пламенное горение вне зоны воздействия пламени газовой горелки).

Испытания проводятся на установке для оценки качества огнезащитной обработки деревянных конструкций, представленной на рисунке ниже.

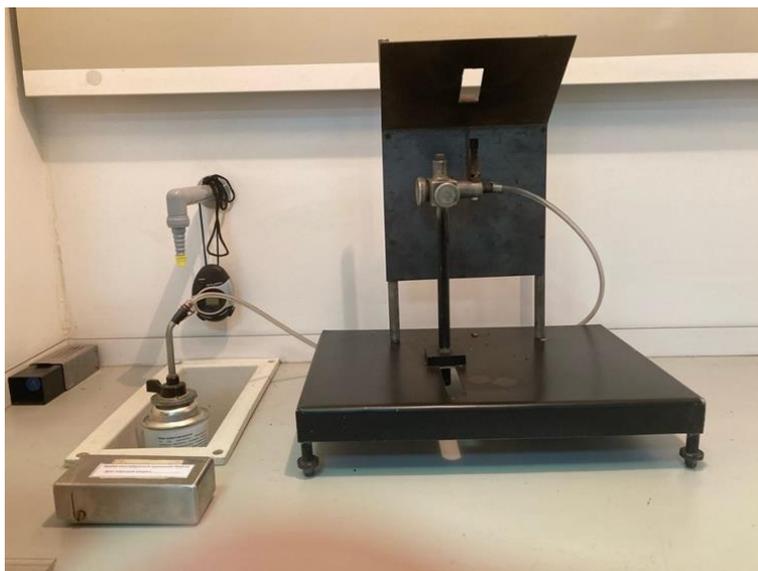


Рисунок 2 – Установка для оценки качества огнезащитной обработки деревянных конструкций

Перед проведением испытаний необходимо настроить установку, для этого зажигается газовая горелка, регулируется высота пламени таким образом, чтобы оно своей верхней частью точно касалось верхней кромки подвижной части прижимной рамки держателя образца. Каждый образец выдерживается над пламенем огня по 40 секунд, после этого пламя отводится, фиксируются наблюдения.

Отбор проб для проведения испытаний также установлено данным стандартом.

2.2.1 ОТБОР ПРОБ

Для проведения испытаний по контролю качества огнезащитной обработки был использован деревянный брусок, который покрывали с трех

сторон растворами борной кислоты, полифосфата меламина, гидроксидом алюминия. Растворы были приготовлены в соотношении 70% антипирена к 30% воды. После двукратного нанесения пропитки из 3-х веществ, брусок был оставлен для просушки, затем были сняты образцы в соответствии с ГОСТ Р 53292-2009 [12].

Для отбора образцов используется доступный режущий инструмент. Место отбора образца фиксируется, а сам образец маркируется. Образец должен представлять собой поверхностный слой огнезащитной древесины (стружку) длиной от 50 до 60 мм, шириной от 25 до 35 мм, толщиной от 1,5 до 2,5 мм. В случае отклонения размеров снятой стружки от требуемых допускается доведение размеров до получения требуемой толщины путем стачивания части образца со стороны, не подвергавшейся огнезащитной обработке, а также обрезание кромок для придания образцу прямоугольной формы [12].

Для проведения испытания с обработанного деревянного бруска было снято 12 образцов. Перед испытанием образцы в течение 24 часов выдержаны в помещении на ровной открытой поверхности при температуре от 10 до 30 °С и относительной влажности воздуха (60±10) %. Недопустимо проводить испытания при использовании в качестве образца сырой стружки [12].

2.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛЬНОСТИ

Еще одним признаком наличия в древесине и ее обугленных остатках антипиренов является повышенное содержание в них золы. Выявление данного признака возможно методом определения зольности.

Методом определения зольности позволяет определить наличие содержания антипирена в древесине и ее обугленных остатках. Признаком наличия антипирена является повышенное содержание золы. Данное исследование может применяться как для установления факта огнезащиты (качественный анализ), так и для количественного определения содержания

антипирена в древесине. Образец, обработанный антипиреном, будет иметь большую зольность, чем исходная (необработанная) древесина [19].

Для проведения эксперимента необходимо такое оборудование, как:

1. Весы с погрешностью взвешивания не более 0,00001 мг;
2. Муфельная печь;
3. Тигель низкий для сжигания из фарфора.

Необходимые условия для проведения эксперимента:

1. Температура, 800 ± 10 °С;
2. Время выдержки, 120 мин;
3. Скорость нагрева, 20–40 °С/мин.

Проведение исследования было разбито на несколько этапов.

Структурная схема исследования представлена на рисунке 3 ниже.

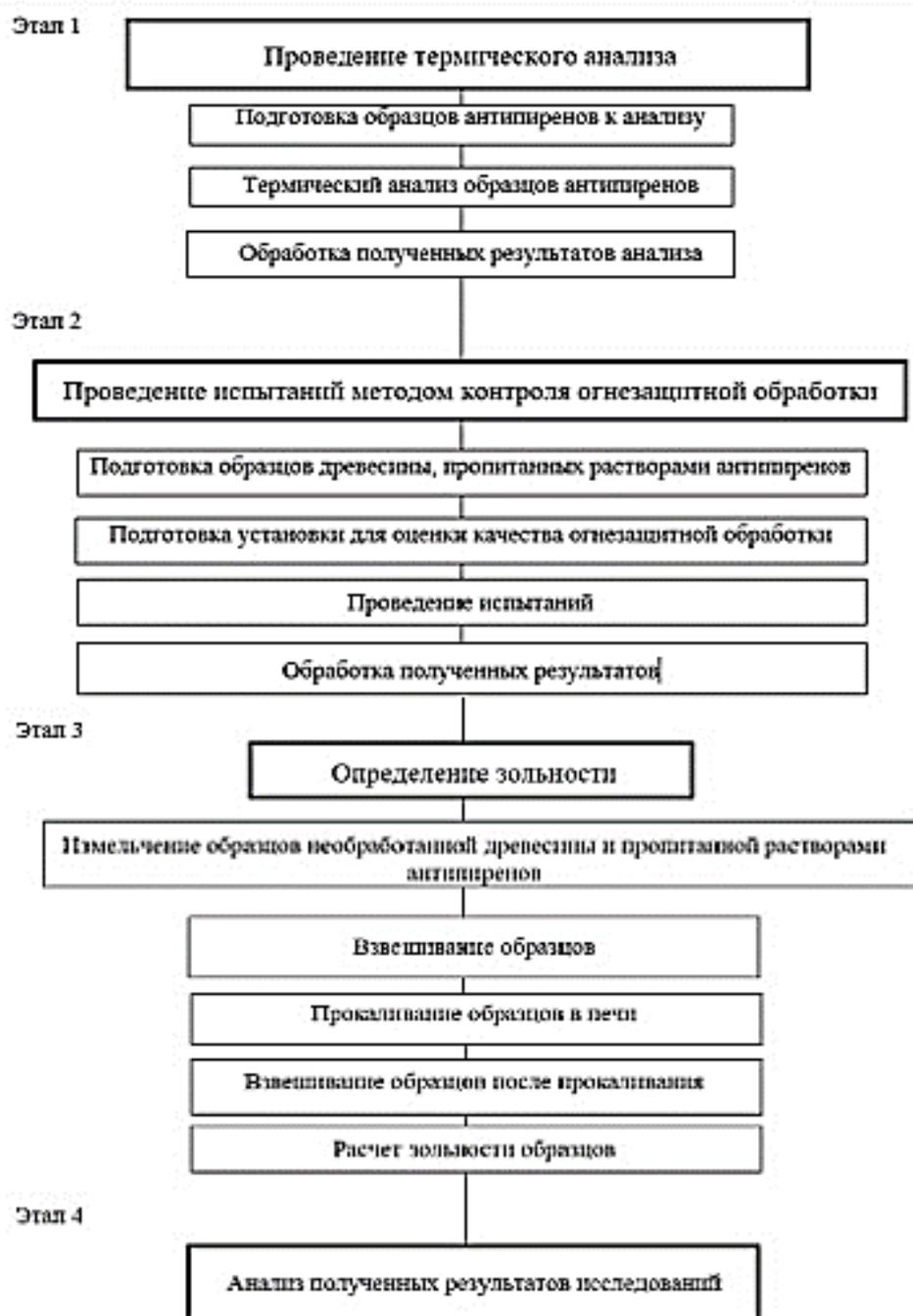


Рисунок 3 – Структурная схема исследования

3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 ТЕРМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ АНТИПИРЕНОВ

Для проведения термического анализа были взяты порошки гидроксида алюминия в количестве 8,6 мг, полифосфата меламина в количестве 8,8 мг, борной кислоты в количестве 12,554 мг. Порошки предварительно были измельчены до размера 50 мкм. Среда, в которой был произведен нагрев – воздух. Анализ был проведен в диапазоне температур от 20 до 1000 °С со скоростью нагрева 10 °С/мин. После проведения термического анализа, были получены зависимости массы каждого образца от температуры (рис. 4).

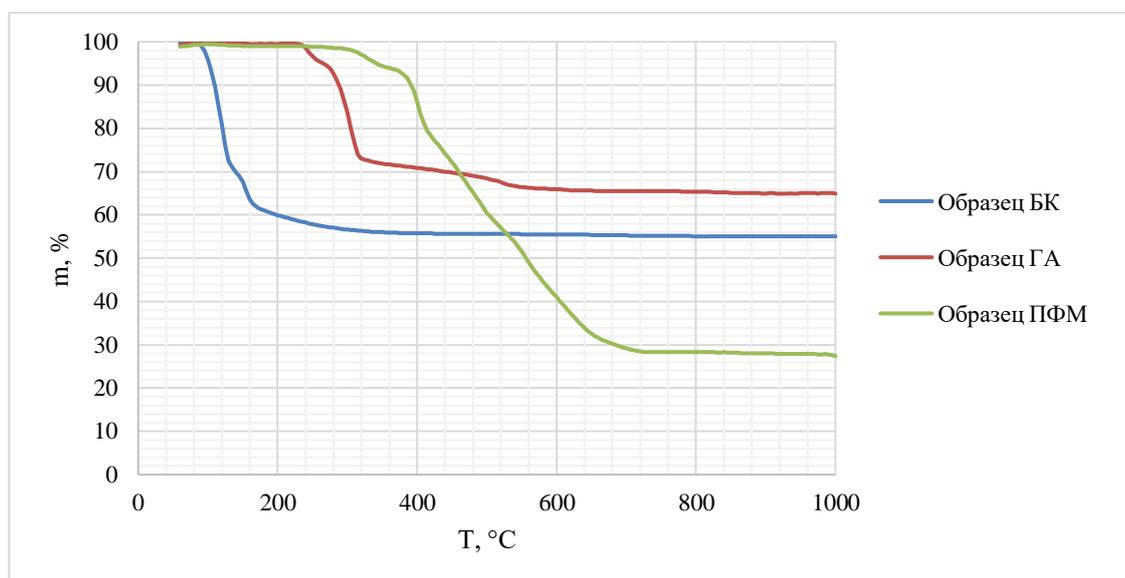


Рисунок 4 – Зависимость массы образцов от температуры

По полученному графику зависимости массы от температуры были определены основные параметры деструкции – остаточные массы образцов при различных значениях температуры (табл. 2).

Таблица 2 – Результаты термического анализа антипиренов

Температура, °С	Остаточная масса, %		
	Образец ГА	Образец ПФМ	Образец БК
200	99,5	99,0	60,0
400	70,9	86,2	55,8
600	65,9	41,0	55,5
800	65,4	28,3	55,1

Интервал разложения гидроксида алюминия составил от 230 до 330 °С, полифосфата меламина – от 280 до 780 °С, борной кислоты – от 80 до 200 °С.

Также по полученным результатам термического анализа антипиренов были построены ДСК-кривые. На рисунке 5 представлены зависимости теплового потока от температуры для гидроксида алюминия, полифосфата меламина, борной кислоты.

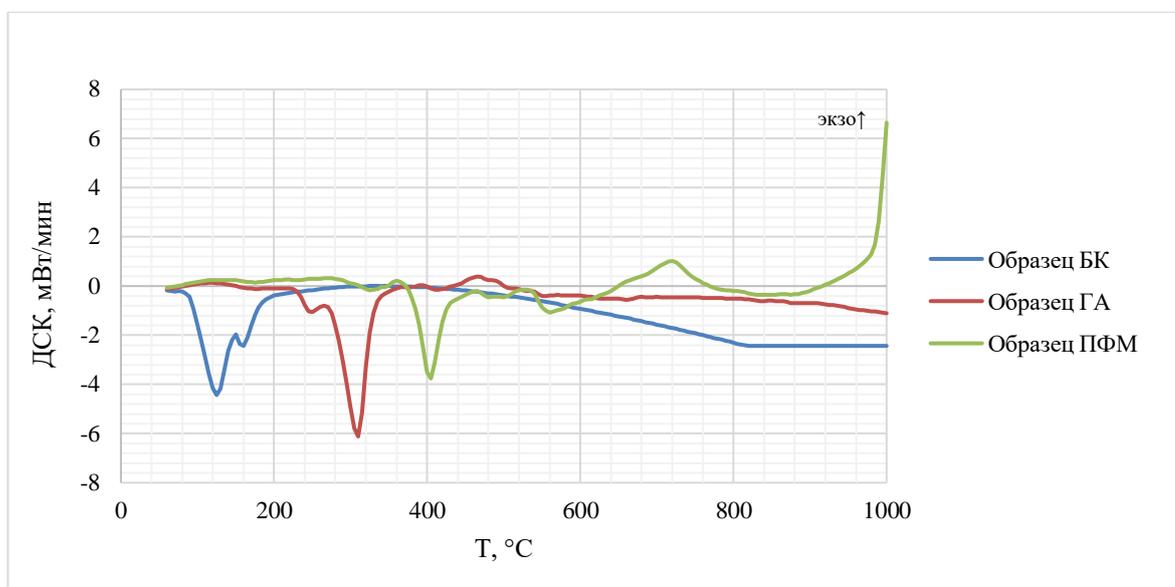


Рисунок 5 – Зависимости ДСК образцов

По ДСК-кривой для гидроксида алюминия можно сказать, что в ходе процесса термической деструкции наблюдалось несколько стадий; первая стадия с температурой начала $T_1=230$ °С, температурой окончания $T_2=328$ °С и двумя максимумами с температурой $T_3=247$ °С и $T_4=309$ °С характеризует эндотермический процесс разложения гидроксида алюминия с выделением воды. Вторая стадия с температурой начала $T_5=420$ °С, температурой окончания $T_6=557$ °С и температурой максимума $T_7=466$ °С характеризует

экзотермический процесс, при котором происходит фазовое превращение оксида алюминия.

На ДСК-кривая для полифосфата меламина также изображены несколько стадий. Первая стадия характеризуется температурами начала $T_1=283$ °С, окончания $T_2=423$ °С и температурой двух максимумов $T_3=327$ °С и $T_4=403$ °С и характеризует эндотермический процесс разложения ПФМ с выделением воды. Также наблюдаются небольшие максимумы при температурах $T_5=467$ °С, $T_6=531$ °С. Также наблюдался пик с температурой максимума $T_9 = 718$ °С, температуры начала пика $T_7=630$ °С, окончания пика $T_7=766$ °С, процесс экзотермический.

ДСК-кривая для борной кислоты характеризуется наличием нескольких стадий с температурой максимумов $T_1=126$ °С, $T_2=145$ °С $T_3=158$ °С, что соответствует эндотермическому процессу разложения борной кислоты с выделением воды

3.2 ИСПЫТАНИЯ МЕТОДОМ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОГНЕЗАЩИТНОЙ ОБРАБОТКИ

Для проведения испытания было снято 12 образцов антипирированной древесины, представленные на рисунке 6.



Рисунок 6 – Образцы древесины, пропитанные растворами ГА, БК, ПФМ, до испытаний

После проведения испытаний по контролю качества образцы древесины приобрели внешний вид, представленный на рисунке 7.



Рисунок 7 — Образцы древесины, пропитанные растворами ГА, БК, ПФМ, после испытаний

Результаты испытаний представлены в виде таблицы 3.

Таблица 3 – Результаты испытаний образцов древесины

№ образца	Результат испытаний				
	Время самостоятельно-го горения, с.	Сквозное прогорание до образования отверстия	Обугливание обработанной стороны по всей площади, ограниченной рамкой зажимного устройства	Обугливание на всю глубину в зоне воздействия пламени газовой горелки при наличии признаков воспламенения	Результат испытания
<i>Древесина + гидроксид алюминия</i>					
1	-	-	-	-	Соответствует
2	2	-	-	-	Соответствует
3	7	-	-	+	Не соответствует
4	3	-	-	-	Соответствует
<i>Древесина + борная кислота</i>					
1	8	-	-	+	Не соответствует
2	2	-	-	-	Соответствует
3	6	-	-	+	Не соответствует
4	4	-	-	-	Соответствует
<i>Древесина + полифосфат меламина</i>					
1	1	-	-	-	Соответствует
2	-	-	-	-	Соответствует
3	3	-	-	-	Соответствует
4	2	-	-	-	Соответствует

В ходе работы результат испытаний по контролю качества является положительным только у полифосфата меламина, у гидроксида алюминия,

борной кислоты результаты испытания отрицательные, так как есть образцы не прошедшие испытания по некоторым критериям [20].

3.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОЛЬНОСТИ

Для определения зольности образцы древесины были измельчены. Внешний вид образцов представлен на рисунке 8.



Рисунок 8 – Измельченные образцы древесины до прокаливания

На рисунке 8 представлены 4 образца древесины:

1. Образец необработанной древесины;
2. Образец, пропитанный раствором полифосфата меламина;
3. Образец, пропитанный раствором борной кислоты;
4. Образец, пропитанный раствором гидроксида алюминия.

Определение зольности проводилось следующим образом. Тигель взвешивали, пробу равномерно распределяли и снова взвешивали тигель с образцом. Затем тигель с навеской помещали в муфельную печь при комнатной температуре. Печь нагревалась до (800 ± 10) °С и выдерживалась при этой температуре не менее 120 минут.

После прокаливания тигель вынимался из печи и охлаждался на толстой металлической плите в течение 10 мин. Образцы после прокаливания показаны на рисунке 9.

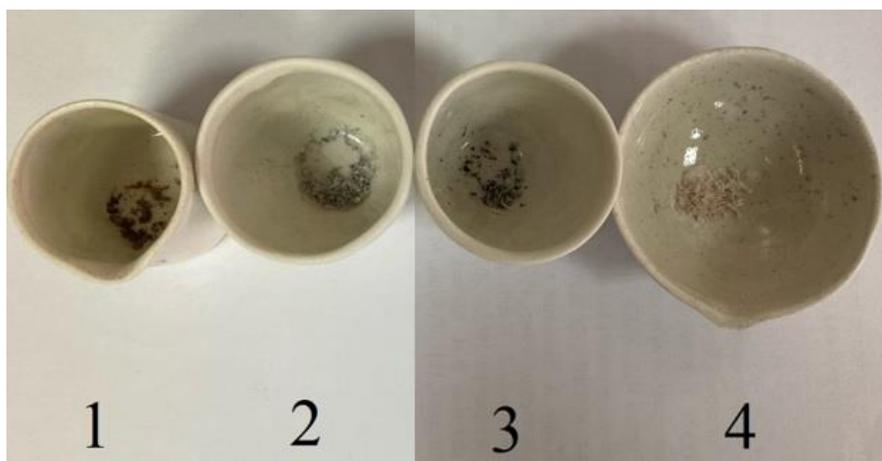


Рисунок 9 – Образцы древесины после прокаливания

1. Образец необработанной древесины;
2. Образец, пропитанный раствором полифосфата меламина;
3. Образец, пропитанный раствором борной кислоты;
4. Образец, пропитанный раствором гидроксида алюминия.

После охлаждения тигель с зольным остатком взвешивался. Взвешивание проводилось не позже, чем через 10 минут после охлаждения. Эксикатор с осушителем не использовался.

Зольность аналитической пробы A , % рассчитывалась по формуле:

$$A = \frac{m_3 - m_1}{m_2 - m_1} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где m_1 - масса тигля, г;

m_2 - масса тигля с пробой, г;

m_3 - масса тигля с золой, г.

Результаты определения зольности для исследуемых образцов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты исследования по определению зольности

Наименование объекта	Масса пустого тигля, г	Масса тигля с образцом, г	Масса образца, г	Масса после сжигания, г	Зольность аналитической пробы, %
Необработанная древесина	22,58	23,99	1,41	0,0033	0,23404
Древесина + ПФМ	27,16	29,75	2,59	0,0212	0,81853
Древесина + БК	29,53	31,59	2,06	0,0142	0,68932
Древесина + ГА	23,87	26,49	2,62	0,0483	1,84351

По результатам исследования можно сделать вывод о том, что зольность образцов, покрытых антипиреющими веществами, выше, чем у образца необработанной древесины [20]. Данный метод позволил установить, что растворы исследуемых антипиренов могут применяться в качестве пропитки, так как полученные результаты свидетельствуют о том, что обработка древесины тремя антипиреющими веществами действительно была произведена, что может иметь значение при проведении пожарно-технической экспертизы [20].

3.4 ВЫВОДЫ

Термический анализ антипиренов показал, что интервал разложения борной кислоты при нагревании составляет от 80 до 200 °С, при этом будет снижаться теплоотдача, происходить разбавление негорючих газов. Борная кислота действует только в стадии своего активного разложения и оказывает пламягасящий эффект в самом начале термического разложения сосны, который составляет от 150 до 450 °С.

Гидроксид алюминия начинает разлагаться с 230 °С, при этом в ходе эндотермической реакции снижается теплоотдача и происходит разбавление горючих газов. Также следует отметить, что эффект продолжается только до 330 °С, после достижения этой температуры древесина будет дальше разлагаться до 450 °С.

Полифосфат меламина начинает разлагаться с 280 °С, также примерно одновременно с древесиной и продолжает разлагаться при нагревании до

температуры ~ 780 °С. В данном случае будет происходить как охлаждение зоны нагрева и горения древесины, так и образование кокса, препятствующего выделению горючих газов из объема древесины, тем самым снижая горение. Полифосфат меламина обладает комплексным действием и имеет более продолжительный эффект.

Исходя из этого, можно сделать вывод, что по данным термического анализа наиболее эффективным антипиреном для древесины будет являться полифосфат меламина, так как его интервал разложения шире интервала древесины. При этом ДСК-анализ показал, что реакция разложения полифосфата меламина является эндотермической, что приводит к снижению температуры в зоне горения.

Результаты, полученные в ходе испытаний методом контроля качества огнезащитной обработки, свидетельствуют о том, что огнезащитную эффективность древесине при двукратном нанесении вещества обеспечивает только полифосфат меламина, так как он прошел испытания по всем критериям. Остальные рассматриваемые вещества не обеспечивают огнезащитную эффективность, требуется повторная обработка и дальнейшие испытания. Также определение зольности позволило установить факт обработки древесины антипиремирующими веществами путем сопоставления аналитического показателя зольности обработанной и необработанной поверхности.

4.ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В современном мире до сих пор находит широкое применение древесина. Но несмотря на ряд ее полезных свойств, существенным ее недостатком является повышенная горючесть. В связи с этим возникает необходимость в разработке методов, снижающих пожарную опасность древесины.

Необходимый уровень пожарной безопасности строительных конструкций из древесины можно обеспечить с помощью огнезащитных средств и антипиренирующих веществ для пропитки древесины. Однако выбор антипиренов является сложным, поскольку существует множество их вариаций, и каждый тип антипиренов имеет свои уникальные физико-химические свойства и соответствующую стоимость.

Целью ВКР является оценка эффективности действия индивидуальных антипиренов на горючесть древесины и исследование термической стабильности пропитанной антипиренами древесины.

Целью данного раздела является определение перспективности и успешности НИ, оценка его эффективности, уровня возможных рисков, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Для достижения обозначенной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Оценить коммерческий потенциал и перспективность разработки НИ;
2. Осуществить планирование этапов выполнения исследования;
3. Рассчитать бюджет затрат на исследования;
4. Произвести оценку научно-технического уровня исследования и оценку рисков.

4.1 ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ

4.1.1 ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

Потенциальными заказчиками результатов исследования могут быть производители огнебиозащитных средств, строительство, представители испытательных пожарных лабораторий (ИПЛ), научно-исследовательские институты (НИИ), занимающиеся исследованиями в области пожаробезопасности.

Для анализа потенциальных потребителей результатов проведенного исследования проанализирован целевой рынок и проведено его сегментирование. Результаты представлены в табл. 5.

Таблица 5 – Карта сегментирования рынка в области пожаробезопасности

	Область применения		
	Разработка пожарной безопасности	Пожарные испытания	Применение пожаробезопасных материалов
Производители огнебиозащитных средств	+		+
ИПЛ	+	+	
НИИ	+		
Строительство			+

Анализ сегментов рынка показывает, что исследования в области пожароопасности древесины могут проводиться любым предприятием, работа которых ориентирована на испытания и разработки в области пожаробезопасности.

4.1.2 АНАЛИЗ КОНКУРЕНТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения проводится с помощью оценочной карты, приведенной в табл.6.

Для оценки конкурентных методов была выбрана шкала от 1 до 5, где:

1 – наиболее слабая позиция;

2 – ниже среднего, слабая позиция;

- 3 – средняя позиция;
 4 – выше среднего, сильная позиция;
 5 – наиболее сильная позиция;

В качестве вариантов антипиренов в работе используются гидроксид алюминия – ГА; борная кислота – БК; полифосфат меламина – ПФМ.

Таблица 6 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		БГА	БК	ПФМ	КГА	КБК	КПФМ
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Эффективность	0,19	4	3	5	0,76	0,57	0,95
2.Безопасность	0,15	3	4	5	0,45	0,6	0,75
3.Сложность производства	0,07	2	3	4	0,14	0,21	0,28
4.Сложность исходных материалов	0,06	2	4	3	0,12	0,24	0,18
5.Специальное оборудование для производства	0,1	3	3	2	0,3	0,3	0,2
Экономические критерии оценки эффективности							
1.Конкурентоспособность продукта	0,06	3	4	5	0,18	0,24	0,3
2.Цена	0,14	2	5	4	0,28	0,7	0,56
3.Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
4.Финансирование научной разработки	0,1	3	2	4	0,3	0,2	0,4
5.Наличие сертификации разработки	0,08	3	2	5	0,24	0,16	0,4
Итого	1	28	34	41	2,92	3,42	4,22

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i, \quad (2)$$

где K – конкурентоспособность вида;

V_i – вес критерия (в долях единицы);

B_i – балл i-го показателя.

Анализируя данные, приведенные в таблице, можно сделать вывод, что использование полифосфата меламина (ПФМ) является наиболее

эффективным. Низкая конкурентоспособность других антипиренов объясняется их меньшей эффективностью и безопасностью.

4.1.3 SWOT-АНАЛИЗ

SWOT-анализ – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Первый этап SWOT-анализа включает в себя описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Матрица SWOT представлена в табл. 7.

Таблица 7 – Первый этап SWOT-анализа

Сильные стороны	Возможности во внешней среде
С1. Экологичность технологии С2. Пониженная горючесть материала С3. Научная новизна проекта С4. Улучшение свойств древесины	В1. Появление спроса на новый продукт В2. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ
Слабые стороны	Угрозы внешней среды
Сл1. Недостаточная оснащенность лаборатории для проведения испытаний и изготовления образцов Сл2. Сложность в получении доступа к необходимому оборудованию для более глубокого исследования Сл3. Отсутствие финансирования исследования	У1. Отсутствие спроса на продукцию У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования У3. Изменение цен на антипирены

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

Интерактивная матрица проекта представлена в табл. 8 и табл.9.

Таблица 8 - Интерактивная матрица сильных и слабых сторон и возможностей

Возможности	Сильные стороны				Слабые стороны		
	С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2	Сл3
В1	+	+	+	+	-	+	0
В2	-	0	0	+	+	+	+

Таблица 9 - Интерактивная матрица сильных сторон и слабых сторон и угроз

Угрозы	Сильные стороны				Слабые стороны		
	С1	С2	С3	С4	Сл1	Сл2	Сл3
У1	+	+	+	+	+	+	-
У2	0	-	-	-	+	0	+
У3	+	+	-	+	-	-	-

Анализ интерактивных таблиц представляется в форме записи сильно коррелирующих сильных сторон и возможностей или слабых сторон и возможностей:

- В1С1С2С3С4; В2С4;
- В1Сл2; В2Сл1Сл2Сл3;
- У1С1С2С3С4; У3С1С2С4;
- У1Сл1Сл2; У2Сл1Сл3.

В рамках третьего этапа составляется итоговая матрица SWOT-анализа.

Матрица представлена в табл.10.

Таблица 10 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	Сильные стороны: С1. Экологичность технологии С2. Пониженная горючесть материала С3. Научная новизна проекта С4. Улучшение свойств древесины	Слабые стороны: Сл1. Недостаточная оснащенность лаборатории для проведения испытаний и изготовления образцов Сл2. Сложность в получении доступа к необходимому оборудованию для более глубокого исследования Сл3. Отсутствие финансирования исследования
Возможности: В1. Появление спроса на новый продукт В2.Использование инновационной инфраструктуры ТПУ	все перечисленные сильные стороны продукции, в случае выхода на рынок, создадут конкуренцию другим производителям и поспособствуют выводу на большие объемы производства нового материала	получение дополнительного финансирования для создания необходимых условий глубокого исследования вопроса и изготовления композитного материала нового качества.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на продукцию У2. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования	при всех имеющихся сильных сторонах проекта, создаваемый продукт будет активно конкурировать с другими производителями;	вследствие недостаточного оснащения лаборатории и слабого финансирования возможность изготовления продукции должного качества подрывается, а

УЗ. Изменение цен на антипирены		следовательно, появляется опасность отсутствия спроса продукции на рынке и разорение из-за высокой конкуренции.
---------------------------------	--	---

Согласно полученным результатам SWOT-анализа выявлено, что при получении дополнительного финансирования возможно устранить многие слабые стороны данного научного исследования.

4.2 ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТ ПО НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОМУ ИССЛЕДОВАНИЮ

4.2.1 СТРУКТУРА РАБОТ В РАМКАХ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В ходе проведения работ по оценке эффективности действия индивидуальных антипиренов было проведено 5 основных этапов, составляющих структуру исследования. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлено в табл.11.

Таблица 11 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Календарное планирование работ по теме ВКР	Студент
	3	Поиск и изучение материалов по теме	Студент
	4	Выбор направления исследования	Научный руководитель, студент
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение анализа литературы по теме ВКР	Студент
	6	Проведение исследования	Студент
	7	Согласование полученных данных с научным руководителем	Научный руководитель, студент
Практическое исследование	8	Подготовка образцов к исследованию	Студент

	9	Проведение эксперимента	Студент
	10	Обработка полученных результатов	Студент, научный руководитель
	11	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Студент
Оформление и оценка результатов	12	Работа над выводами по проекту	Студент
	13	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, научный руководитель

По результатам табл. 11 можно сделать вывод, что основная структура научного исследования выполнена студентом.

4.2.2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЕМКОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Трудовые затраты в большинстве случаях образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости $t_{ожi}$ рассчитывается по формуле:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (3)$$

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

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

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

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 1-й работы составило:

$$t_{ож1} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел. – дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 2-й работы составило:

$$t_{ож2} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ чел. - дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 3-й работы составило:

$$t_{ож3} = \frac{3 \cdot 3 + 2 \cdot 6}{5} = 4,2 \text{ чел. - дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 4-й работы составило:

$$t_{ож4} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел. - дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 5-й работы составило:

$$t_{ож5} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 12}{5} = 9 \text{ чел. - дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 6-й работы составило:

$$t_{ож6} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 10}{5} = 7 \text{ чел. - дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 7-й работы составило:

$$t_{ож7} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 8}{5} = 6,2 \text{ чел. - дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 8-й работы составило:

$$t_{ож8} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 3}{5} = 1,8 \text{ чел. - дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 9-й работы составило:

$$t_{ож9} = \frac{3 \cdot 6 + 2 \cdot 12}{5} = 8,4 \text{ чел. - дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 10-й работы составило:

$$t_{ож10} = \frac{3 \cdot 8 + 2 \cdot 13}{5} = 10 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 11-й работы составило:

$$t_{ож11} = \frac{3 \cdot 7 + 2 \cdot 11}{5} = 8,6 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 12-й работы составило:

$$t_{ож12} = \frac{3 \cdot 5 + 2 \cdot 9}{5} = 6,6 \text{ чел. -дн.}$$

Ожидаемое (среднее) значение трудоемкости выполнения 13-й работы составило:

$$t_{ож13} = \frac{3 \cdot 11 + 2 \cdot 14}{5} = 12,2 \text{ чел. -дн.}$$

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ по нескольким исполнителями.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (4)$$

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

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

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

Продолжительность 1-й работы:

$$T_{p1} = \frac{1,8}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 2-й работы:

$$T_{p2} = \frac{2,4}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 3-й работы:

$$T_{p3} = \frac{4,2}{1} = 4 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 4-й работы:

$$T_{p4} = \frac{1,4}{1} = 1 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 5-й работы:

$$T_{p5} = \frac{9}{1} = 9 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 6-й работы:

$$T_{p6} = \frac{7}{1} = 7 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 7-й работы:

$$T_{p7} = \frac{6,2}{1} = 6 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 8-й работы:

$$T_{p8} = \frac{1,8}{1} = 2 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 9-й работы:

$$T_{p9} = \frac{8,4}{1} = 8 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 10-й работы:

$$T_{p10} = \frac{10}{1} = 10 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 11-й работы:

$$T_{p11} = \frac{8,6}{1} = 9 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 12-й работы:

$$T_{p12} = \frac{6,6}{1} = 7 \text{ раб. дн.}$$

Продолжительность 13-й работы:

$$T_{p13} = \frac{12,2}{1} = 12 \text{ раб. дн.}$$

Таким образом, наиболее трудоемкими и продолжительными этапами работы ожидаются этапы 5, 9, 10, 11 и 13.

4.2.3 РАЗРАБОТКА ГРАФИКА ПРОВЕДЕНИЯ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Для построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (5)$$

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:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - (T_{\text{вых}} + T_{\text{пр}})}, \quad (6)$$

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.

Согласно производственному и налоговому календарю на 2022 год для 6-дневной рабочей недели, количество календарных 365 дней, количество выходных и праздничных дней – 118, таким образом, коэффициент календарности равен:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48$$

Таблица 12 – Временные показатели проведения научного исследования

Наименование работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях, T_p	Длительность работ в календарных днях, T_k
	t_{min} , Чел.-дн.	t_{max} , Чел.-дн.	$t_{ож}$, Чел.-дн.			
Составление и утверждение технического задания	1	3	1,8	Научный руководитель	2	3
Календарное планирование работ по теме ВКР	2	3	2,4	Студент	2	3
Поиск и изучение материалов по теме	3	6	4,2	Студент	4	5
Выбор направления исследований	1	2	1,4	Студент	1	1
Проведение анализа литературы по теме ВКР	7	12	9	Студент	9	13
Проведение исследования	5	10	7	Студент	7	10
Согласование полученных данных с научным руководителем	5	8	6,2	Студент, научный руководитель	6	9
Подготовка образцов к исследованию	1	3	1,8	Студент	2	3
Проведение эксперимента	6	12	8,4	Студент	8	12
Обработка полученных данных	8	13	10	Студент, научный руководитель	10	14
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	7	11	8,6	Студент	9	13
Работа над выводами по проекту	5	9	6,6	Студент	7	10
Оценка эффективности полученных результатов	11	14	12,2	Студент, научный руководитель	12	18

12	Работа над выводами по проекту	Студент	10																
13	Оценка эффективности полученных результатов	Студент, научный руководитель	18																



– студент



– научный руководитель

4.3 БЮДЖЕТ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям:

1. Материальные затраты;
2. Основная заработная плата;
3. Дополнительная заработная плата;
4. Отчисления на социальные нужды (во внебюджетные фонды);
5. Накладные расходы.

4.3.1 РАСЧЕТ МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Расчет стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3–5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов). Результаты занесены в табл.14.

Таблица 14 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Ручка	шт.	3	30	90
Бумага офисная	лист	150	1	150
Канцелярские принадлежности	Набор	1	250	250
Борная кислота	г	30	6	180
Гидроксид алюминия	г	30	8	240
Полифосфат меламина	г	30	7	210
Вода	л	5	25	125
Древесина	м ³	0,0025		90
Электроэнергия	кВт/час	114	3,85	439
Интернет	Гб	5	63	315
Всего за материалы				2089

Итого на материальные затраты необходимо 2089 руб.

4.3.2 ОСНОВНАЯ ЗАРАБОТНАЯ ПЛАТА ИСПОЛНИТЕЛЕЙ ТЕМЫ

Данная статья включает расчет оплаты труда научному руководителю и студенту.

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (7)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12–20 % от $Z_{осн}$).

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (8)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 48 раб. дней $M=10,4$ месяца, 6–дневная неделя;

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

Таблица 15 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	118	118
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48 0	72 0
Действительный годовой фонд рабочего времени	199	175

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (10)$$

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

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

k_d – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата Z_{tc} находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{ci} = 600$ руб. на тарифный коэффициент k_T и учитывается по единой для бюджетной организации тарифной сетке.

Тарифный коэффициент для НР = 1,866; для С = 1,407.

Расчет основной заработной платы представлен в табл. 16.

Таблица 16 – Основная заработная плата

Исполнители	Разряд	k_T	Z_{tc} , руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	Д.т.н.	1,866	30000	0,3	0,3	1,3	62400	3261,10	30	97833,17
Студент	-	1,407	3100	-	-	1,3	6448	353,71	77	27235,67
Итого										125068,84

4.3.3 РАСЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (10)$$

где $k_{доп}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, принятый на стадии проектирования за 0,15.

$$Z_{допН} = 0,12 \cdot 97833,17 = 11739,98 \text{ руб.}$$

$$Z_{допС} = 0,12 \cdot 27235,67 = 3268,28 \text{ руб.}$$

4.3.4 РАСЧЕТ ОТЧИСЛЕНИЙ ВО ВНЕБЮДЖЕТНЫЕ ФОНДЫ

С вознаграждений работникам по трудовым договорам уплачиваются взносы во внебюджетные фонды. К ним относятся отчисления в ПФР, ФФОМС, ФСС.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (11)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

В соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30,2%.

$$Z_{\text{внебР}} = 0,302 \cdot (97833,17 + 11739,98) = 33091,09 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{внебС}} = 0,302 \cdot (27235,67 + 3268,28) = 9212,19 \text{ руб.}$$

4.3.5 НАКЛАДНЫЕ РАСХОДЫ

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (12)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы, равный 16%.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= 0,16 \cdot (97833,17 + 11739,98 + 27235,67 + 3268,28) = \\ &= 22412,34 \text{ руб.} \end{aligned}$$

4.3.6 ФОРМИРОВАНИЕ БЮДЖЕТА ЗАТРАТ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ПРОЕКТА

Рассчитанная величина затрат научно–исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно–исследовательский проект приведено в табл.17

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
Материальные затраты	2089	Пункт 3.1
Основная заработная плата	125 068,84	Пункт 3.2
Дополнительная заработная плата	15 008,26	Пункт 3.3
Отчисления во внебюджетные фонды	42303,28	Пункт 3.4
Накладные расходы	22412,34	Пункт 3.5

Итого	206 881,72	
--------------	-------------------	--

4.4.ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕСУРСНОЙ (РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ), ФИНАНСОВОЙ, БЮДЖЕТНОЙ, СОЦИАЛЬНОЙ И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Социальная эффективность научного проекта учитывает социально-экономические последствия осуществления научного проекта для общества в целом или отдельных категорий населения, в том числе как непосредственные результаты проекта, так и «внешние» результаты в смежных секторах экономики: социальные, экологические и иные внеэкономические эффекты. Данная работа эффективна в первую очередь потому, что любые инновационные исследования в области пожаробезопасности имеют большой потенциал в будущем применении. Результаты исследования по оценке эффективности действия индивидуальных антипиренов на горючесть древесины могут применены во многих областях, таких как производство огнебиозащитных средств, а также научно-исследовательские испытания пожароопасности.

По окончании раздела выполнено:

- 1) определение потенциальных потребителей результатов исследования;
- 2) анализ конкурентных технических решений;
- 3) планирование научно-технического исследования (исследование состоит 13 основных этапов).

Для иллюстрации календарного графика была использована диаграмма Ганта. Определен бюджет научно-исследовательской работы, он составил 206 881,72 руб.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Основным недостатком древесины, ограничивающим область её применения, является низкая термическая стойкость и повышенная горючесть. В связи с этим, ежегодно ведутся разработки новых и усовершенствование старых методик снижения горючести древесины.

Необходимый уровень пожарной безопасности строительных конструкций из древесины можно обеспечить с помощью средств защиты, таких как огнезащитные средства и огнебиозащитные составы для пропитки древесины.

Рабочее место лаборанта – кабинет размерами 5×5 м, оснащенный необходимым оборудованием для проведения исследовательских работ (газоанализаторы, микроскопы, установки для испытания материалов на возгораемость, установки для определения огнезащитной эффективности покрытий и т.д.). Кроме того, кабинет оснащен техникой и другими объектами: персональный компьютер (далее – ПК) (совокупность из монитора, системного блока, клавиатуры, мыши и проводов для подключения описанных выше устройств), столы и стулья, распределительный щиток, огнетушители, кондиционер, местная вытяжная вентиляция.

Работа лаборанта заключается в приготовлении образцов для исследования, проведения эксперимента и последующем сборе, анализе и обработке информации об изменении показателей масс и температур воспламенения образцов при помощи ПК.

Основной целью данного раздела является рассмотрение правовых и организационных вопросов обеспечения безопасности, анализ вредных и опасных факторов, действию которых может подвергнуться работник лаборатории, где проводится экспериментальное исследование, а также экологическая безопасность и безопасность в чрезвычайных ситуациях.

5.1 ПРАВОВЫЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

Работа в испытательных пожарных лабораториях сопряжена со множеством вредных и опасных факторов, в связи с этим необходимо проведение специальной оценки труда в соответствии с Федеральным законом от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» (в ред. от 01.01.2021). По результатам проведения специальной оценки условий труда устанавливаются классы (подклассы) условий труда [21].

Кроме того, в лаборатории в соответствии с Федеральным законом № 123-ФЗ каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности. Данная система обеспечения безопасности создается с целью предотвращения пожара, обеспечения безопасности людей и защиты имущества [22].

Также работников лаборатории необходимо обеспечивать средствами индивидуальной защиты, смывающими и обезвреживающими средствами в соответствии с установленными нормами [23]. Такие нормы устанавливаются Трудовым кодексом РФ ст.221.

Исследования по оценке эффективности действия индивидуальных антипиренов должны проводиться по определенным правилам. Правила проведения испытаний отражаются в ГОСТ Р 53292-2009. Данный стандарт устанавливает общие требования к огнезащитным составам и веществам для древесины и материалов на ее основе, а также методы их испытаний [12]. Подробно описаны метод отбора проб и правила покрытия огнезащитными средствами.

5.2 ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

5.2.1 АНАЛИЗ ВЫЯВЛЕННЫХ ВРЕДНЫХ И ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ НА РАБОЧЕМ МЕСТЕ

При проведении термического анализа и оценки огнезащитной эффективности обработки работники лаборатории могут подвергаться

воздействию вредных и опасных факторов. Перечень выявленных факторов представлен в таблице 18.

Таблица 18 – Возможные вредные и опасные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Недостаточная освещенность	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменениями N 1, 2) [24]
Нарушения микроклимата	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [25]
Шум	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [26]
Загазованность	СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания [27]
Монотонность труда	Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда [28]
Вибрация	ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования [29]
Вредные вещества	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности [30]
Электрические ток	ГОСТ 12.1038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с изменениями N 1) [31]
Статическое электричество	ГОСТ 12.1.045 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [32]
Короткое замыкание	ГОСТ 12.1038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с изменениями N 1) [31]
Повышенный уровень температуры	ГОСТ Р 51337-99 Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установки предельных величин горячих поверхностей [33]
Неподвижные режущие, колющие, обдирающие, разрывающие части твердых объектов	Приказ Минтруда России от 27.11.2020 N 835н «Об утверждении Правил по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями» [34]

5.2.2 НЕДОСТАТОЧНАЯ ОСВЕЩЕННОСТЬ

При недостаточном освещении рабочего помещения у персонала ухудшается общее самочувствие, снижается работоспособность и сопротивляемость к простудным и другим заболеваниям, также снижается зрение и внимание. Общая освещенность в лаборатории должна быть не менее 300 лк [24]. Пульсации света оказывают влияние на зрительную функцию человека, а также на нервную систему. Пульсации измеряются коэффициентом пульсации света. Для лабораторий норма коэффициента пульсации составляет до 10% [24]. Для минимизации пульсации света применяют разнофазное подключение светильников. Недостаток естественного освещения в лаборатории должен компенсироваться посредством искусственного общего освещения. Согласно СП 52.13330.2016 данные нормы на рабочем месте соблюдены.

5.2.3 НАРУШЕНИЯ МИКРОКЛИМАТА

К основным нормируемым показателям микроклимата воздуха относятся: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового облучения.

Оптимальные показатели микроклимата регламентируются ГОСТ 12.1.005-88. Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, представленным в табл.19 [25].

Таблица 19 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория работ	Температура, °С		Относительная влажность воздуха, %		Скорость ветра, м/с	
		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
Холодный	Iа	22-24	21-25	40-60	75	0,1	Не более 0,1
Теплый		23-25	22-28	40-50	55 (при 28 °С)	0,1	0,1-0,2

Для создания и поддержания в лаборатории независимо от наружных условий оптимальных значений температуры, влажности, чистоты и скорости движения воздуха, в холодное время года используется водяное отопление, в теплое время года применяется кондиционирование воздуха. Данные нормы соответствуют ГОСТ 12.1.005-88 и соблюдены на рабочем месте.

5.2.4 ШУМ

Шум на рабочем месте негативно воздействует на работников: уменьшается внимание, ухудшается скорость психических реакций, растрачивается больше энергии при одинаковых физических нагрузках и т.д. К основным источникам шума на рабочем месте лаборанта можно отнести компьютеры, мониторы, принтеры, кондиционер и работающие светильники люминесцентных ламп [26]. А также шум, возникающий вне кабинета через открытые окна и двери.

Для снижения шума на рабочем месте согласно ГОСТ 12.1.003-2014 возможно устранение причин возникновения шума или снижение его в источнике; изоляция источников шума; использование СИЗ органов слуха – заглушки, вкладыши, наушники; введение дополнительных перерывов [26]. Данные мероприятия применяются при работе лаборанта.

5.2.5 ЗАГАЗОВАННОСТЬ РАБОЧЕЙ СРЕДЫ

Загазованность воздуха может быть объяснена тем, что при сжигании образцов из антипиренов и древесины выделяется некоторое количество продуктов деструкции и горения: оксиды углерода, аммиак, оксиды алюминия и бора. Согласно СанПиН 1.2.3685-21 для данных веществ установлены ПДК [27].

Таблица 20 – Вещества, находящиеся в воздухе рабочей зоны

№	Вещество	Класс опасности	ПДК, мг/м ³
1	Оксид углерода	4	20

2	Аммиак	4	20
3	Оксид бора	3	5
4	Оксид алюминия	4	6

Вещества в воздухе рабочей зоны не должны превышать ПДК [27]. Во избежание повышенной загазованности воздуха следует оборудовать лабораторию вентиляцией. СИЗ – спецодежда, средства защиты органов дыхания (противогазы), рук (перчатки), лица, глаз (защитные очки). На рабочем месте соблюдаются данные нормы.

5.2.6 МОНОТОННОСТЬ ТРУДА

Деятельность лаборанта связана с длительным выполнением однообразных действий, длительным пребыванием за компьютером, труд, требующий непрерывной концентрации внимания в условиях малого объема поступающей информации.

В соответствии с Р 2.2.2006-05. 2.2. на рабочем месте разработаны мероприятия по борьбе с монотонностью и включают в себя: рациональную организацию трудового процесса; чередование трудовой деятельности; привлечение машин для облегчения труда [28].

5.2.7 ВИБРАЦИЯ

В процессе работы лаборанта может повышаться уровень вибрации на рабочем месте. Согласно ГОСТ 31192.1-2004 источниками вибрации могут служить: компьютеры, приборы для проведения эксперимента, проезжающие транспортные средства [29].

Для снижения уровня вибрации следует применять такие средства, как кожаные перчатки, спецобувь, так же возможна организация режимов труда и отдыха [29]. Данные мероприятия применяются на рабочем месте, нормы соблюдены.

5.2.8 ВРЕДНЫЕ ВЕЩЕСТВА

При проведении экспериментов лаборант работает с такими веществами как борная кислота, гидроксид алюминия, полифосфат меламина. В соответствии с ГОСТ 12.1.007-76 по степени воздействия на организм данные вещества относятся к 4-му классу опасности (малоопасные вещества) [30].

При работе с веществами лаборант должен использовать средства индивидуальной защиты: перчатки, маски [30]. В кабинете при проведении испытаний должна функционировать вентиляционная система [30]. На рабочем месте данные мероприятия соблюдаются.

5.2.9 ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

Помещение лаборатории относится к помещениям без повышенной опасности. Поражение электрическим током возможно только при условии несоблюдения техники безопасности или неисправности самой установки. Для предотвращения поражения электрическим током должны регулярно проводиться инструктажи по технике безопасности, а также проводиться своевременное техническое обслуживание установки.

На основании ГОСТ 12.1038-82 на рабочем месте соблюдаются такие меры защиты как: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены, применяются предохранители, автоматические выключатели [31]. Используемые СИЗ: диэлектрические перчатки; штанги и клещи; защитная диэлектрическая обувь (боты, галоши), инструмент с электроизолированными ручками [31].

5.2.10 СТАТИЧЕСКИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

При работе с органическими соединениями и диэлектрическими материалам возможно образование статического электричества.

Согласно ГОСТ 12.1.045 на рабочем месте такие меры безопасности, как заземлением металлических и электропроводных элементов оборудования; увеличением поверхностной и объемной проводимости диэлектриков; ограничение пребывания персонала у источников электростатических полей, влажная уборка помещений [32].

5.2.11 КОРОТКОЕ ЗАМЫКАНИЕ

Чаще всего причинами короткого замыкания являются нарушение изоляции проводов, механические повреждения внутри цепи, нарушение правил эксплуатации электроприбора [31].

На основании ГОСТ 12.1038-82 на рабочем месте применяются такие меры предосторожности, как использование предохранителей, автоматических выключателей, устройств защитного отключения [31].

5.2.12 ПОВЫШЕННЫЙ УРОВЕНЬ ТЕМПЕРАТУРЫ

Принцип работы установок для эксперимента основан на задании температурного режима в реакционной камере и воздействии пламени горелки. При наличии открытого огня (пламя горелки) высока вероятность термических ожогов [33]. Лаборанту при работе необходимо использовать средства индивидуальной защиты: перчатки, очки, халат. Также на основании ГОСТ Р 51337-99 должны применяться предупредительные вывески, проводиться инструктажи, персонал должен получать допуски на работу. Данные нормы на рабочем месте соблюдаются.

5.2.13 НЕПОДВИЖНЫЕ РЕЖУЩИЕ, КОЛЮЩИЕ, ОБДИРАЮЩИЕ, РАЗРЫВАЮЩИЕ ЧАСТИ ТВЕРДЫХ ОБЪЕКТОВ

Проведение экспериментов по оценке огнезащитной эффективности и определению зольности подразумевает изготовление образцов древесины, пропитанной антипиренирующими веществами. При изготовлении образцов на поверхности древесины чаще всего образованы заусенцы и шероховатости. Также образцы древесины по методике должны быть определенного размера,

поэтому при их изготовлении нужно пользоваться режущими, острыми предметами.

Согласно Приказу Минтруда России N 835н на рабочем месте необходимо руководствоваться следующими правилами безопасности [34]:

1. При работе с режущими и колющими инструментами их режущие поверхности и острые кромки должны быть направлены в сторону противоположную телу работающего;

2. Пальцы рук, удерживающие обрабатываемый предмет, должны находиться на достаточном удалении от режущих кромок, а сам предмет должен быть надежно закреплен каком-либо зажимном приспособлении;

3. На рабочем месте режущие и колющие предметы должны располагаться на видном месте, рабочее место должно быть освобождено от посторонних и ненужных предметов и инструментов;

4. Положение тела должно быть устойчивым.

Данные правила соблюдаются на рабочем месте.

5.3 ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

Процесс проведения эксперимента не сопряжен с угрозой загрязнения окружающей среды, поэтому целесообразно рассмотреть возможные риски загрязнения природы при проведении экспериментов.

5.3.1 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЛИТОСФЕРУ

В ходе проведения эксперимента образуется большое количество отходов таких, как макулатура, люминесцентные лампы. Наличие отходов негативно сказывается на литосфере, возникает вопрос об утилизации.

Утилизации офисной макулатуры и черновиков – это многоэтапный процесс, целью которого является восстановление бумажного волокна и некоторых других компонентов материала, необходимых для повторного использования. Поскольку разные виды бумаги в разной степени поддаются утилизации, на основании ГОСТ Р 55090-2012 использованная бумажная

продукция собирается и отсортировывается, доставляется в соответствующие перерабатывающие предприятия [35].

Лампы относятся к особо опасной категории отходов. Лампы необходимо передать специализированной организации, которая занимается утилизацией ламп. Согласно Постановлению Правительства РФ №2314, порядок утилизации люминесцентных ламп, следующий [36]:

1. Отходы собираются, складироваются и хранятся в контейнере для утилизации люминесцентных ламп до момента переработки.
2. Светильник дробится прессом.
3. Сырье отправляется в камеру с высокой температурой.
4. Выделяемый газ попадает в вакуумную ловушку, где конденсируется и фильтруется.

5.3.2 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА АТМОСФЕРУ

При проведении исследования возможно образование оксидов углерода, алюминия, бора, пыль, которые удаляются из помещения с помощью вентиляционных систем.

Выбросы из систем вентиляции должны проходить очистку и при этом остаточное количество вредных веществ должно быть рассеяно в атмосфере. При этом концентрация вредных веществ с учётом фоновых значений не должна превышать предельно допустимых максимальных разовых концентраций. В качестве защитных средств рекомендуется использовать очистные сооружения, работа которых основана на адсорбционных, абсорбционных и каталитических методах очистки.

5.3.3 ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ГИДРОСФЕРУ

Воздействие на гидросферу при проведении эксперимента проявляется в сбросе сточных вод, которые попадают в водоемы. Вследствие этого водоемы загрязняются различными моющими синтетическими составами, различными твердыми частицами. Для снижения загрязнения

гидросферы, сточные воды должны проходить очистку. Очистка может осуществляться фильтрованием, нейтрализацией и процеживанием.

5.4 БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

5.4.1 АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ЧС, КОТОРЫЕ МОГУТ ВОЗНИКНУТЬ В ЛАБОРАТОРИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Лаборатория находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют. Возможными природными ЧС на объекте в данном случае могут быть сильные морозы. Сильные морозы, могут привести к увеличению количества аварий, связанных с нарушениями на коммунальных системах жизнеобеспечения населения (электро-, тепло-, водоснабжение), нарушений в работе транспорта. Возможные техногенные ЧС при проведении исследования – это утечка газа из печи при сжигании образцов, пожар в помещении.

5.4.2 АНАЛИЗ НАИБОЛЕЕ ТИПИЧНЫХ ЧС, КОТОРЫЕ МОГУТ ВОЗНИКНУТЬ В ЛАБОРАТОРИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИССЛЕДОВАНИЙ

Пожар в помещении – наиболее типичная чрезвычайная ситуация, которая может возникнуть в лаборатории при проведении эксперимента. В лабораторном помещении применяется дорогостоящее оборудование, негорючие и не выделяющие дым кабели. Таким образом, возникновение пожара происходит из-за человеческого фактора, а именно, несоблюдения правил пожарной безопасности. Поэтому должны регулярно проводиться инструктажи по правилам пожарной безопасности, своевременное и качественно техническое обслуживание оборудования. Пожарная безопасность в помещении должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты. Также должны проводиться меры по пожарной профилактике: обучение пожарной

безопасности, пожарный надзор, обеспечение установками переносных огнетушителей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ПО РАЗДЕЛУ СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Значение всех производственных факторов на изучаемом рабочем месте соответствует нормам, которые также были продемонстрированы в данном разделе.

Категория помещения по электробезопасности, согласно ПУЭ, соответствует первому классу – «помещения без повышенной опасности» [37].

На основании правил по охране труда при эксплуатации электроустановок персонал лаборатории должен обладать I группой допуска по электробезопасности. Присвоение группы I по электробезопасности производится путем проведения инструктажа, который должен завершаться проверкой знаний в форме устного опроса и (при необходимости) проверкой приобретенных навыков безопасных способов работы или оказания первой помощи при поражении электрическим током [38].

Категория тяжести труда в лаборатории в соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 относится к категории Ia (работы, выполняемые сидя и сопровождаются незначительным физическим напряжением) [27].

Лаборатория относится к категории В – горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б [39].

Лаборатория оказывает минимальное негативное воздействие на окружающую среду, относится к IV категории [40].

Также в данном разделе рассмотрены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при проведении исследования,

проанализированы возможные ЧС, а именно, сильные морозы и, как следствие, аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения, утечка газа при сжигании образцов, пожар в помещении. Наиболее типичной ЧС является пожар в помещении.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе проведено исследование эффективности действия индивидуальных антипиренов на горючесть древесины.

В результате обзора литературных источников были изучены характеристики пожарной опасности древесины, способы защиты древесины от огня, методы исследования древесины. Одним из свойств, ограничивающих применение древесины, является ее повышенная горючесть. Добиться снижения горючести возможно пропиткой древесины растворами антипиренов.

Для экспериментального исследования были подготовлены образцы порошков гидроксида алюминия, борной кислоты, полифосфата меламина. Также были изготовлены образцы необработанной древесины и древесины, пропитанной данными веществами.

Проведена оценка эффективности использования гидроксида алюминия, борной кислоты, полифосфата меламина на горючесть древесины методом термического анализа, испытаниями методом контроля качества огнезащитной обработки, определением зольности.

По итогам исследования можно сделать вывод о том, что наиболее эффективным антипиреном среди представленных является полифосфат меламина, так как обладает широким интервалом разложения, причем данный процесс является эндотермическим, что способствует снижению температуры в зоне горения. Активное образование кокса препятствует выделению горючих газов из объема древесины, тем самым снижая горение.

Результаты проведенного эксперимента могут быть применены в целях разработки огнезащитных средств для древесины и оценки присутствия антипиренирующих веществ на деревянных конструкциях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Нигматуллина Д.М. Снижение пожарной опасности деревянных конструкций способом их глубокой пропитки огнебиозащитными составами. Дисс. ... к.т.н. – М.: АГПС, 2017. – 289 с.
2. Gazizov A. M. Improvement of fire retardant properties of wood materials/ A.M. Gazizov, O.V. Kuznetsova, A.A.Sharafutdinov, K.M.Shaimuhametova //IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – IOP Publishing, 2020. – Т. 919. – №. 6. – С. 6.
3. Praniauskas V. Research of various fire-retardant treated wood species/ V. Praniauskas, R. Mačiulaitis, D. Lipinskas // Modern building materials, Structures and techniques. – 2010.
4. Панев Н. М. Анализ применения огнезащитных композиций для древесины и разработка методов контроля их наличия. Дисс....к.т.н:05.23.05.- ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия Государственной противопожарной службы МЧС России, Иваново, 2019- 98 с.
5. Асеева Р. М., Серков Б. Б., Сивенков А. Б. Горение и пожарная опасность древесины/Р.М. Асеева, Б.Б. Серков, А.Б. Сивенков //Пожаровзрывобезопасность. – 2012. – Т. 21. – №. 1.–С. 1-6.
6. Лоскутов С. Р. Термический анализ древесины основных лесообразующих пород средней Сибири / С. Р.Лоскутов, О.А.Шапченкова, А.А. Анискина //Сибирский лесной журнал. – 2015. – № 6. – С. 17-30.
7. Альменбаев М. М. Термический анализ древесины различного срока эксплуатации с огнезащитными составами/ М.М. Альменбаев, Е.А. Анохин, Ж.К. Макишев, Е.Ю. Полищук, А.Б. Сивенков //Технологии техносферной безопасности. – 2016. – №. 3. – С. 22-32.
8. ГОСТ 30402-96. Метод испытания на воспламеняемость. [Электронный ресурс] – режим доступа к странице: <https://docs.cntd.ru/document/1200000428>

9. ГОСТ 30244-94. Метод испытаний на горючесть. [Электронный ресурс] – режим доступа к странице: <https://docs.cntd.ru/document/9056051>
10. ГОСТ Р 51032-97. Метод испытания на распространение пламени. [Электронный ресурс] – режим доступа к странице: <https://docs.cntd.ru/document/901705751>
11. Федеральный закон от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» № 123-ФЗ (в ред. от 29.07.2017). [Электронный ресурс] – режим доступа к странице: <https://docs.cntd.ru/document/902111644>
12. ГОСТ Р 53292-2009. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс] – режим доступа к странице: <https://docs.cntd.ru/document/1200071904>
13. НПБ 251-98. Огнезащитные составы и вещества для древесины и материалов на ее основе. Общие требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс] – режим доступа к странице: <https://docs.cntd.ru/document/1200001870>
14. Молотые и тонкодисперсные наполнитель [Электронный ресурс]: гидроксид алюминия. URL: http://batolit.ru/171_p.shtml
15. Демчина Р. А. Новый антипирен для древесины на основе конденсированных соединений фосфора, азота и бора //Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2013. – №. 37. – С. 155-160.
16. Глазнев Р. К. Влияние полифосфата меламина на горение и термическое разложение жесткого пенополиуретана //Физические методы в естественных науках и материаловедении. – 2020. – С. 78.
17. Шаталова Т. Б., Шляхтин О. А., Веряева Е. Методы термического анализа //Метод. разработка.–Московский Государственный университет им. МВ Ломоносова. – 2011. – С. 72.

18. Дребущак В. А. Термический анализ. Учебное пособие / В.А. Дребущак, Г.Ю. Шведенков; Новосибирский государственный университет. – Новосибирск: Изд-во НГУ – 2015. –114 с.

19. Экспертное исследование антипирированной древесины и ее обгоревших остатков: методические рекомендации / М.Ю. Принцева, И.В. Клаптюк, И.Д. Чешко. СПб.: ФГБОУ ВО «СПб университет ГПС МЧС России», 2019. – 92 с.

20. Вернер Н. Д. Исследование горючести древесины, пропитанной антипирирующими веществами /Н.Д. Вернер, О.Б. Назаренко, К.Г. Алексеев//Ресурсосберегающие технологии в контроле, управлении качеством и безопасности: сборник научных трудов X Международной конференции школьников, студентов, аспирантов, молодых ученых" Ресурсоэффективные системы в управлении и контроле: взгляд в будущее", 9-11 ноября 2021 г., г. Томск. – Томский политехнический университет, 2022. – С. 55-58.

21. Федеральный закон от 28.12.2013 г. № 426-ФЗ О специальной оценке условий труда (в ред. от 01.01.2021);

22. Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности (в ред. от 30.04.2021);

23. ТК РФ Статья 221. Обеспечение работников средствами индивидуальной защиты;

24. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (с Изменениями N 1, 2);

25. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;

26. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;

27. СанПиН 1.2.3685-21 Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания;

28. Р 2.2.2006-05. 2.2. Гигиена труда. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда;

29. ГОСТ 31192.1-2004 (ИСО 5349-1:2001) Вибрация. Измерение локальной вибрации и оценка ее воздействия на человека. Часть 1. Общие требования;

30. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности;

31. ГОСТ 12.1038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с изменениями N 1);

32. ГОСТ 12.1.045 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля;

33. ГОСТ Р 51337-99 Безопасность машин. Температуры касаемых поверхностей. Эргономические данные для установки предельных величин горячих поверхностей;

34. Приказ Минтруда России от 27.11.2020 N 835н Об утверждении Правил по охране труда при работе с инструментом и приспособлениями;

35. ГОСТ Р 55090-2012 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Рекомендации по утилизации отходов бумаги;

36. Постановление правительства РФ от 28.12.2020 г. Об утверждении правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде;

37. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Глава 1.1 Общая часть (издание седьмое);

38. Приказ Минтруда России от 15.12.2020 г. №903н Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок;

39. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности;

40. Постановление Правительства РФ от 31.12.2020 г. №2398 Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III, IV категорий (с изменениями на 7.10.2021 г.)