

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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
 Отделение школы Отделение контроля и диагностики

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Комплексная оценка влияния метеорологических и антропогенных факторов на возникновение и распространение лесных пожаров на примере Западно-Сибирского региона

УДК 614.841.42:630:519.876(571.1)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM01	Рекичинская Анастасия Михайловна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Задорожная Т.А..	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Верховская М.В.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.04.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
УК(У)-3	Способен организовывать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способен применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия
УК(У)-5	Способен анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-6	Способен определять и реализовывать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе самооценки
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способен структурировать знания, готов к решению сложных и проблемных вопросов;
ОПК(У)-2	Способен генерировать новые идеи, их отстаивать и целенаправленно реализовывать;
ОПК(У)-3	Способен акцентированно формулировать мысль в устной и письменной форме на государственном языке Российской Федерации и на иностранном языке;
ОПК(У)-4	Способен организовывать работу творческого коллектива в обстановке коллективизма и взаимопомощи;
ОПК(У)-5	Способен моделировать, упрощать, адекватно представлять, сравнивать, использовать известные решения в новом приложении, качественно оценивать количественные результаты, их математически формулировать.
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способен ориентироваться в полном спектре научных проблем профессиональной области;
ПК(У)-2	Способен создавать модели новых систем защиты человека и среды обитания;
ПК(У)-3	Способен анализировать, оптимизировать и применять современные информационные технологии при решении научных задач;
ПК(У)-4	Способен идентифицировать процессы и разрабатывать их рабочие модели, интерпретировать математические модели в нематематическое содержание, определять допущения и границы применимости модели, математически описывать экспериментальные данные и определять их физическую сущность, делать качественные выводы из количественных данных, осуществлять машинное моделирование изучаемых процессов;
ПК(У)-5	Способен использовать современную измерительную технику, современные методы измерения;
ПК(У)-6	Способен применять методы анализа и оценки надежности и техногенного риска;
ПК(У)-7	Способен организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания на уровне предприятия, территориально-производственных комплексов и регионов, а также деятельность предприятия в режиме чрезвычайной ситуации ;
ПК(У)-8	Способен осуществлять взаимодействие с государственными службами в области экологической, производственной, пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях;
ПК(У)-9	Способен участвовать в разработке нормативно-правовых актов по вопросам техносферной безопасности;
ПК(У)-10	Способен к рациональному решению вопросов безопасного размещения и применения технических средств в регионах;
ПК(У)-11	Способен применять на практике теории принятия управленческих решений и методы экспертных оценок.
ДПК(У)-12	Способен осуществлять педагогическую деятельность в области профессиональной подготовки
ДПК(У)-13	Способен осуществлять технико-экономические расчеты мероприятий по повышению безопасности
ДПК(У)-14	Способен проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов

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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
Отделение школы Отделение контроля и диагностики

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ Ю.А. Амелькович
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
1EM01	Рекичинской Анастасии Михайловне

Тема работы:

Комплексная оценка влияния метеорологических и антропогенных факторов на возникновение и распространение лесных пожаров на примере Западно-Сибирского региона

Утверждена приказом директора (дата, номер)

Приказ № 355-43/с от 21.12.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы:

10.06.2022

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Целью данной работы является комплексная оценка влияния метеорологических и антропогенных факторов на возникновение и распространение лесных пожаров на примере Западно – Сибирского региона.
Объект исследования: образцы пород – лесных подстилок лесного массива Западно-Сибирского региона (опад пород, представляющих собой лесной горючий материал).
Исследования выполнены с помощью экспериментальной установки, собранной в лабораторных условиях.

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Провести анализ литературы по теме исследования; 2. Проанализировать влияние метеорологических, антропогенных факторов на возникновение и развитие лесных пожаров; 3. Провести экспериментальные исследования по: определению возможных режимов воспламенения ЛГМ; определению времени горения образца определенной формы и размера в нагретом потоке воздуха.
<p>Перечень графического материала</p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»</p>	<p>Верховская Марина Витальевна, доцент ОСГН, к.э.н.</p>
<p>«Социальная ответственность»</p>	<p>Сечин Александр Иванович, профессор ООД, д.т.н.</p>
<p>"Иностранный язык"</p>	<p>Ажель Юлия Петровна, старший преподаватель ОИЯ</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p>Литературный обзор ((Literature review))</p>	
<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>14.03.2022</p>

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Задорожная Татьяна Анатольевна	к.т.н.		14.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ01	Рекичинская Анастасия Михайловна		14.03.2022

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

Школа Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
 Направление подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность
 Отделение школы Отделение контроля и диагностики
 Период выполнения 2020/2021 – 2021/2022 учебные года

Форма представления работы:

магистерская диссертация

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2022
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
29.11.2020	Обзор источников информации	20
29.11.2020	Формулирование цели и задач работы, формулирование предмета и объекта разработки	10
01.02.2022	Разработка плана эксперимента и его проведение, интерпретация результатов эксперимента	20
14.05.2022	Анализ полученных результатов и выводы о достижении цели в основном разделе ВКР	20
14.05.2022	Разработка разделов «Социальная ответственность», «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение», "Иностранный язык"	10
25.05.2022	Оформление ВКР и презентационных материалов	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Задорожная Т.А.	к.т.н.		14.03.2022

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.04.01 «Техносферная безопасность»	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Амелькович Ю.А.	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа		ФИО	
1EM01		Рекичинской Анастасии Михайловне	
Школа	ИШНКБ	Отделение школы	ОКД
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	20.04.01 Техносферная безопасность

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей в соответствии со штатным расписанием НИ ТПУ.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Дополнительной заработной платы 15%; Накладные расходы 16%; Районный коэффициент 1,3%.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Размер отчислений на уплату во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	- определение потенциального потребителя результатов исследования; - оценка конкурентоспособности технических решений; - SWOT-анализ.
2. Разработка устава научно-технического проекта	1. Планирование этапов работы. 2. График проведения НТИ 3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ).
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Оценка сравнительной эффективности исследования.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	- определение потенциального потребителя результатов исследования; - оценка конкурентоспособности технических решений; - SWOT-анализ.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График Ганта
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.03.2022
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Верховская Марина Витальевна	к.э.н.		14.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM01	Рекичинская Анастасия Михайловна		14.03.2022

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1EM01	Рекичинской Анастасии Михайловне

Школа	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	20.04.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.	Модульная установка для определения возможных режимов воспламенения лесного горючего материала (ЛГМ) и изучение времени горения частиц ЛГМ.
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности <u>при разработке проектного решения/при эксплуатации</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<ul style="list-style-type: none"> – Конституция РФ; – Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018); – МР 2.2.7.2129-06 «Режимы труда и отдыха, работающих в холодное время года на открытой территории или в неотапливаемых помещениях»; – МР 2.2.8.0017-10 «Гигиена труда. Средства коллективной и индивидуальной защиты. Режимы труда и отдыха работающих в нагревающем микроклимате в производственном помещении и на открытой местности в теплый период года»; – Федеральный закон от 28 декабря 2013 г. N 426-ФЗ "О специальной оценке условий труда. – СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарноэпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах». – СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронновычислительным машинам и организации работы». – ГОСТ Р ИСО 26000-2010 «Руководство по социальной ответственности»
<p>2. Производственная безопасность <u>при разработке проектного решения/при эксплуатации</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов – Расчет уровня опасного или вредного производственного фактора 	<ul style="list-style-type: none"> – Вредные факторы: <ul style="list-style-type: none"> • Недостаточная освещенность; • Нарушение микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; • Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; • Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; – Опасные факторы: <ul style="list-style-type: none"> • Электроопасность: класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ; Проведен расчет освещения рабочего места, представлен

	<p>рисунок размещения светильников на потолке с размерами в системе СИ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничения применения; <p>– Приведена схема эвакуации</p>
<p>3. Экологическая безопасность:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Выбросы в окружающую среду • Решения по обеспечению экологической безопасности 	<p>Загрязнение окружающей среды токсичными веществами при утилизации ПК. Способы утилизации промышленных отходов (бумага-черновики, перегоревшие люминесцентные лампы, картриджи).</p>
<p>5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> • перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; <p>разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</p>	<p>Рассмотрены 2 ситуации ЧС:</p> <p>1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте);</p> <p>2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы учреждения в том и другом случае.</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	14.03.2022
--	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ООД	Сечин Александр Иванович	д.т.н., доцент		14.03.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ01	Рекичинская Анастасия Михайловна		14.03.2022

Реферат

Выпускная квалификационная работа 115 с., 30 рисунков, 25 таблиц, 39 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: Лесной пожар, лесные горючие материалы, самовозгорание, самовоспламенение, чрезвычайные ситуации.

Объект исследования: образцы пород – лесных подстилок лесного массива Западно-Сибирского региона (опад пород, представляющих собой лесной горючий материал).

Цель работы – комплексная оценка влияния метеорологических и антропогенных факторов на возникновение и распространение лесных пожаров на примере Западно – Сибирского региона.

В процессе исследования:

- проведен аналитический обзор литературы по заданной тематике;
- проанализировано влияние метеорологических, антропогенных факторов на возникновение и развитие лесных пожаров;
- проведены экспериментальные исследования по: определению возможных режимов самовоспламенения ЛГМ; определению времени горения образца определенной формы и размера в нагретом потоке воздуха.

Область применения: ГУ МЧС России по Томской области.

Экономическая эффективность/значимость работы сокращение ущерба от лесных пожаров.

Оглавление

Реферат	9
Введение.....	12
Определения, обозначения, нормативные ссылки.....	14
1. Литературный обзор	18
1.1. Характеристика Западно-Сибирского экономического района	18
1.2. Анализ влияния метеорологических и антропогенных факторов на возникновение и распространение лесных пожаров.....	20
1.3. Лесные горючие материалы	26
1.3.1. Классификация лесных горючих материалов	26
1.3.2. Влияние вида и структуры лесных горючих материалов на скорость распространения пламени при лесном пожаре	29
1.3.3. Структура и запас ЛГМ	33
1.3.4. Горение древесины.....	37
1.4. Формирование цели и задач для проведения экспериментов.....	41
2. Экспериментальная часть	42
2.1. Определение возможных режимов воспламенения лесного горючего материала (ЛГМ).....	42
2.2. Определение времени горения образца определенной формы и размера в нагретом потоке воздуха	52
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	60
3.1. Предпроектный анализ	60
3.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования.....	60
3.1.2. Анализ конкурентных технических решений	60
3.1.3. Оценка готовности проекта к коммерциализации	61
3.1.4. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования	63
3.2. Инициация проекта	63
3.2.1. Цели и результат проекта	63
3.2.2. Организационная структура проекта	64
3.2.3. Ограничения проекта	64
3.3. Планирование научно-исследовательских работ.....	65
3.3.1. Структура работ в рамках научного исследования.....	65

3.3.2.	Определение трудоемкости выполнения работ	66
3.3.3.	Разработка графика проведения научного исследования	67
3.3.4.	Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ .	70
3.3.5.	Основная заработная плата исполнителей	70
3.3.6.	Расчет дополнительной заработной платы.....	72
3.3.7.	Отчисления на социальные нужды.....	73
3.3.8.	Накладные расходы.....	73
3.3.9.	Оценка ресурсоэффективности проекта.	74
4.	Социальная ответственность	78
4.1.	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	78
4.1.1.	Отклонение показателей микроклимата	79
4.1.2.	Повышенный уровень шума на рабочем месте.....	81
4.1.3.	Повышенный уровень электромагнитных излучений	82
4.1.4.	Поражение электрическим током	83
4.2.	Освещенность	85
4.2.1.	Расчет искусственного освещения.....	86
4.3.	Пожарная опасность	88
4.4.	Экологическая безопасность	91
4.5.	Безопасность в ЧС	92
	Заключение	94
	Список используемой литературы	96
	Приложение А	100

Введение

Леса выступают в роли одного из главных механизмов, поддерживающих и восстанавливающих условия жизни на Земле. При этом самые серьезные отрицательные последствия на биосферу оказывают пожары, которые не только уничтожают лес, но и выбрасывают в атмосферу значительное количество углекислого газа, усиливая тем самым «парниковый эффект». От огня страдают леса во всех странах мира, но наиболее часто подвержены огню насаждения в странах с континентальным климатом.

В настоящее время в России ежегодно возникают десятки тысяч лесных пожаров, и средняя площадь лесов, пройденных пожарами, может достигать нескольких миллионов гектаров ежегодно.

Не снижающееся за последние годы количество лесных пожаров и пройденная ими площадь во многом обусловлены недостаточным изучением условий возникновения и распространения лесных пожаров. На современном этапе в условиях глобального потепления и всеобщего повышения пожарной опасности природных экосистем особенно актуальна разработка современных концепций защиты лесов от пожаров, базирующихся на результатах научных исследований процессов возникновения и распространения горения по слою напочвенного покрова леса

Целью данной работы является комплексная оценка влияния метеорологических и антропогенных факторов на возникновение и распространение лесных пожаров на примере Западно – Сибирского региона.

Задачи работы:

1. Провести анализ литературы по теме исследования;
2. Проанализировать влияние метеорологических, антропогенных факторов на возникновение и развитие лесных пожаров;
3. Провести экспериментальные исследования по определению возможных режимов воспламенения ЛГМ и определению времени горения образца определенной формы и размера в нагретом потоке воздуха.

Объект исследования: образцы пород – лесных подстилок лесного массива Западно-Сибирского региона (опад пород, представляющих собой лесной горючий материал).

Методы исследования:

- 1) аналитический обзор литературных источников по заданной тематике;
- 2) анализ влияния метеорологических, антропогенных факторов на возникновение и развитие лесных пожаров
- 3) проведение экспериментальных исследований по: определению возможных режимов воспламенения ЛГМ; определение времени горения образца определенной формы и размера в нагретом потоке воздуха.

Определения, обозначения, нормативные ссылки

1. Определения

Валежник – мертвые деревья, лежащие на земле.

Верховой пожар – лесной пожар, охватывающий полог леса.

Виды лесных пожаров – типы лесных пожаров, объединяющие пожары, сходные по объекту горения и характеру их распространения.

Влагосодержание горючего материала – разница в массе горючего материала во влажном и сухом состояниях, выраженная в процентах от массы в сухом состоянии.

Возгорание – начало горения под действием источника зажигания.

Возникновение пожара (загорания) – совокупность процессов, приводящих к пожару (загоранию).

Воспламенение – начало пламенного горения под действием источника зажигания.

Древостой – совокупность деревьев, являющихся основным компонентом насаждения.

Естественное возобновление леса – образование нового поколения леса естественным путем.

Живой напочвенный покров – совокупность мхов, лишайников, травянистых растений и полукустарников, произрастающих на покрытых и не покрытых лесом землях.

Загорание – неконтролируемое горение вне специального очага, без нанесения ущерба.

Запас лесных горючих материалов – запас ЛГМ: масса абсолютно сухих (высушенных до постоянной массы при температуре 105 °С) ЛГМ на единице площади (кг/м², т/га).

Источник зажигания – средство энергетического воздействия, инициирующее возникновение горения.

Класс пожарной опасности лесных участков – относительная оценка степени пожарной опасности лесных участков по условиям возникновения в них пожаров и возможной их интенсивности.

Лесная пирология – наука о природе лесных пожаров и их последствий, борьбе с лесными пожарами и об использовании положительной роли огня в лесном хозяйстве.

Лесная подстилка – напочвенный слой, образующийся в лесу из растительного опада разной степени разложения.

Лесное насаждение – участок леса, состоящий из древостоя, а также, как правило, подроста, подлеска и живого напочвенного покрова.

Лесной пожар – пожар, распространяющийся по лесной площади.

Лесные горючие материалы – ЛГМ: растения лесов, их морфологические части и растительные остатки разной степени разложения, которые могут гореть при лесных пожарах.

Огонь – процесс горения, сопровождающийся пламенем или свечением.

Основной горючий материал – лесной горючий материал, выделяющий наибольшее количество тепла при пожаре.

Отпад – отмершие деревья в насаждении в результате естественного изреживания древостоя с возрастом или заболевания их.

Пламя – зона горения в газовой фазе с видимым излучением.

Подлесок – кустарники, реже деревья, произрастающие под пологом леса и неспособные образовать древостой в конкретных условиях местопроизрастания.

Подрост – древесные растения естественного происхождения, растущие под пологом леса и способные образовать древостой, высота которых не превышает 1/4 высоты деревьев основного полога.

Пожароопасный сезон в лесу – часть календарного года, в течение которой возможно возникновение лесного пожара.

Пожароустойчивость древесных пород – способность деревьев и их сообществ сохранять жизнедеятельность после теплового воздействия при лесном пожаре.

Растительный опад – опавшие листья, хвоя, ветви, сучья, плоды и кора.

Редина – древостой в возрасте от начала третьего класса возраста и старше, имеющий полноту менее 0,3.

Рубка главного пользования – рубка спелого и перестойного древостоя для заготовки древесины и восстановления леса.

Самовозгорание – возгорание в результате самоинициируемых экзотермических процессов.

Сильный низовой пожар – низовой пожар с высотой пламени на фронтальной кромке более 1,5 м.

Скорость распространения пламени – расстояние, пройденное фронтом пламени в единицу времени.

Слабый низовой пожар – низовой пожар с высотой пламени на фронтальной кромке до 0,5 м.

Средней силы низовой пожар – низовой пожар с высотой пламени на фронтальной кромке от 0,5 м до 1,5 м.

Тление – беспламенное горение материала Торфяной лесной пожар – лесной пожар, при котором горит торфяной слой заболоченных и болотных почв

Устойчивый низовой пожар – низовой пожар, беспламенное и беспламенное горение (тление) подстилки, отпада, валежа, подлеска [1,2].

2. Нормативные документы

ГОСТ 18486–87. Лесоводство. Термины и определения.

ГОСТ 17.6.1.01–83. Охрана природы. Охрана и защита лесов.

Стандарт СЭВ 383–87.

Указания по обнаружению и тушению лесных пожаров. Приказ МПР № 100 от 30.06.95.

ГОСТ 12.1.044-89. Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения.

3. Обозначения и сокращения

МЧС – Министерство Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;

ГУ МЧС ТО – Главное управление МЧС по Томской области;

ЛГМ – лесные горючие материалы.

1. Литературный обзор

1.1. Характеристика Западно-Сибирского экономического района

Западно-Сибирский район включается в себя 9 субъектов Российской Федерации: Тюменскую область, Ханты-Мансийский автономный округ – Югру, Ямало-Ненецкий автономный округ, Омскую область, Новосибирскую область, Томскую область, Алтайский край, Кемеровскую область и Республику Алтай (рис.1).



Рисунок 1 – Карта Западно-Сибирского экономического района

Западно-Сибирский район относится к зоне бореальных лесов. Данной зоне присущи холодные зимы и долгий, продолжительный снежный покров.

Внешность бореального леса обусловлена хвойными породами деревьев, но также присутствуют лиственные (береза, осина и т.д.). Преимущество хвойных пород заключается в том, что период роста

начинается в тот момент, когда наступает весеннее потепление, примерно от 2 до 7 градусов.

Бореальные леса играют важную роль в поглощении и связывании углерода. Среднее годовое поглощение углерода биомассой лесов составляет порядка 0,95–0,99 т/га/год. Кроме этого, они являются богатым источником запаса древесины.

Большой урон лесу за последние 20 лет бореальным лесам нанес лесной пожар, погибает не менее 3 млн. га леса, тем самым превышает в 3 раза объем лесозаготовок.

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики субъектов, статистика лесных пожаров следующая (рис. 2)

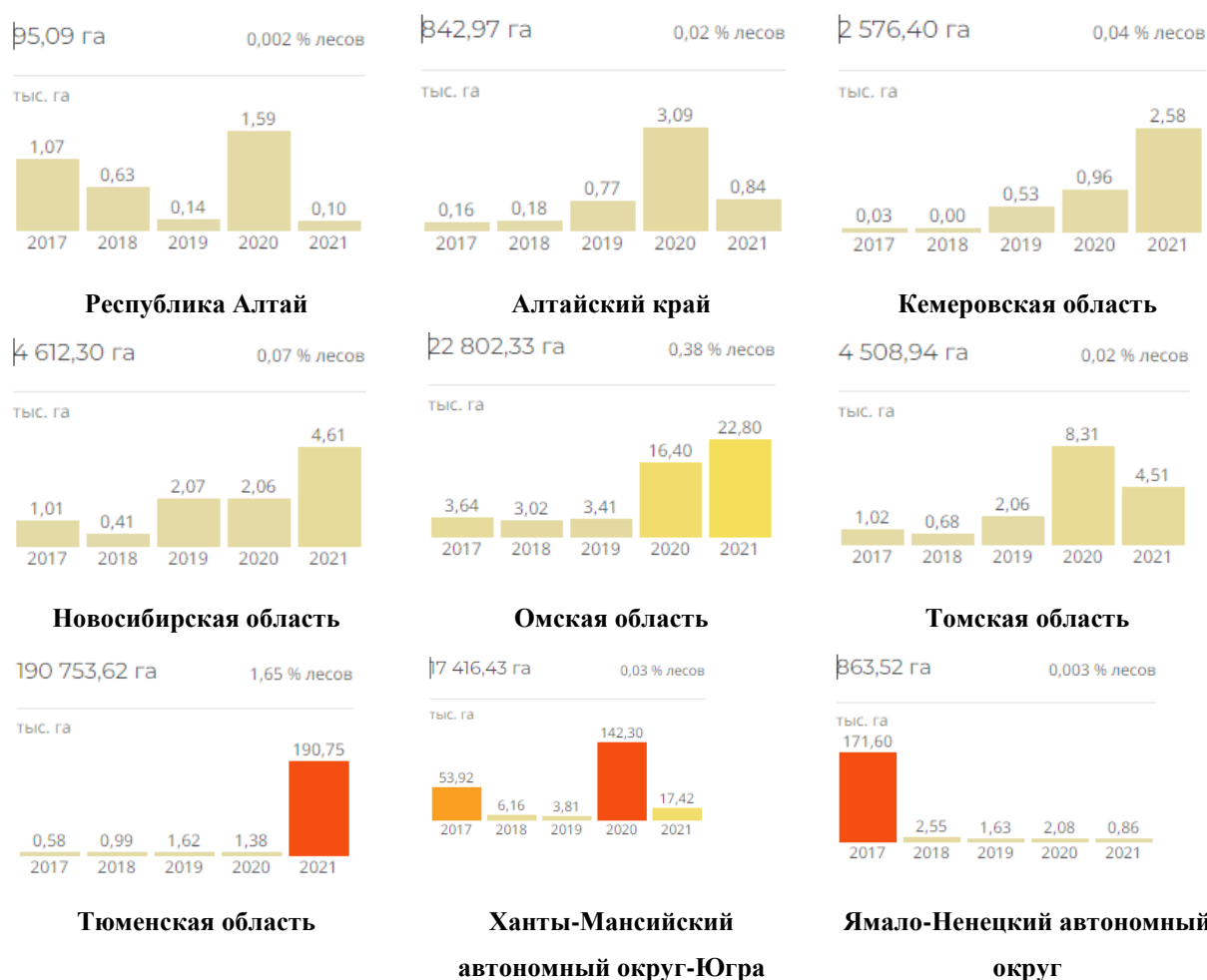


Рисунок 2 – Динамика возникновения и развития лесных пожаров в Западно-Сибирском экономическом районе

Исходя из диаграмм по состоянию на 1 сентября 2021 года Новосибирская область наиболее пострадала от лесных пожаров. По площади было пройдено пожарами 190 753,62 га, что составляет 1,65 % леса всей области. В остальных областях за последний год не наблюдается большого количества лесных пожаров.

1.2. Анализ влияния метеорологических и антропогенных факторов на возникновение и распространение лесных пожаров

Все факторы, влияющие на возникновение и поведение пожара, связаны между собой и не могут рассматриваться независимо друг от друга. Например, способность ЛГМ к возгоранию зависит как от самой природы материалов, так и от влагосодержания в материалах, которое определяется содержанием влаги в почве и воздухе.

Было проведено исследование факторов возникновения пожаров, ниже приведено описание каждого фактора и его связь с природными пожарами.

Метеорологические факторы (А)

а₁ температура воздуха: между средней температурой воздуха и длительностью вегетационного периода существует тесная корреляционная связь. В свою очередь вегетационный период и пожароопасный сезон характеризуются близостью календарных дат и примерно одинаковой длительностью практически во всех широтных поясах. Это позволяет оценивать длительность пожароопасного сезона как функцию от ожидаемой температуры вегетационных периодов. При этом такая оценка базируется на существовании четко выраженной связи этих показателей с географической широтой местности [3].

а₂ количество осадков: на фоне постоянного повышения температуры воздуха летнее уменьшение осадков создает серьезные проблемы с обеспечением лесных насаждений влагой, а также усиливает риск возникновения лесных пожаров [4].

a₃ температура точки росы: это температура, до которой должен охладиться воздух, чтобы содержащийся в нем пар достиг состояния насыщения и начал конденсироваться в росу. Накопленная разность между температурой воздуха и температурой точки росы (дефицит точки росы) используется для расчета класса пожарной опасной по погодным условиям [5].

a₄ влажность воздуха: дефицит влажности воздуха пропорционально увеличивает испаряемость растительного покрова и почвы, повышая тем самым способность лесных горючих материалов (далее ЛГМ) к возгоранию [6]. Установлено, что годовой ход распределения относительной влажности воздуха почти во всей лесной зоне имеет основной минимум (45-50%) в мае и менее значительный в сентябре, что способствует распространению весенних и осенних пожаров. Влажность воздуха влияет на количество влаги в почве и горючих материалах.

a₅, a₇ скорость и направление ветра: ветровой режим оказывает значительное воздействие на процессы высыхания ЛГМ [7]. В зависимости от силы ветра и растительного покрова сильно меняются огнезадерживающие свойства защитных полос [6]. Дни с сухой погодой и сильным ветром переносятся в более высокий класс пожарной опасности.

a₆ облачность: Наличие облаков может свидетельствовать о достаточном количестве влаги на поверхности Земли. Образование облаков свидетельствует о вертикальном движении в атмосфере, при котором теплый воздух отрывается с поверхности земли, чтобы заменить его холодным. Облака препятствуют проникновению к поверхности земли солнечного излучения.

a₈ солнечная радиация (излучение): солнечная радиация обеспечивает процесс расхода влаги с лесного напочвенного покрова. Интенсивность испарения пропорциональна величине поглощенной солнечной радиации и, кроме того, зависит от запаса влаги в лесном напочвенном покрове. Существует тесная связь между поглощенной солнечной радиацией и среднесуточным дефицитом влажности воздуха [6].

а₉ грозовая активность: на долю пожаров от молний приходится ежегодно от 22 до 890 тыс. га, охватываемой огнем площади. Средняя площадь от молний почти в 3 раза превышает среднюю площадь от антропогенных источников огня. Это объясняется сложностью борьбы с такими пожарами из-за группового характера их возникновения и большой удаленностью возникающих очагов горения от объектов инфраструктуры [3]. В отдельных регионах доля пожаров от гроз может составлять 90% [8]. По данным В.А. Иванова [9], от разрядов молний в среднем по России ежегодно возникает около 10% лесных пожаров.

Лесорастительная факторы (В)

в₁ тип растительности: типам леса Г.Ф. Морозов давал двойное название по преобладающей древесной породе и по типу почвы или положению на рельефе местности. Также Г.Ф. Морозов разделял типы насаждений по почвенно-грунтовым условиям на основные (материнские) и временные, возникшие под действием антропогенных и других внешних факторов (в первую очередь, рубок) на месте основных [10].

в₆, в₂, в₇ тип почвы, влажность почвы, температура подстилающей поверхности: влага, которая содержится в почве и растениях, уменьшает риск возникновения природного пожара, а при возникновении пожара уменьшает его энергию. Каждый тип почвы характеризуется влагоудерживающей способностью, скоростью испарения и глубиной проникновения осадков.

в₃, в₅ породный и возрастной состав леса: высокой степенью природной пожарной опасности обладают хвойные леса, особенно молодые посадки. Сосновые леса очень пожароопасны ввиду сухости местности, ажурности полога леса и невысокой влажности подстилки. В хвойных лесах частота возникновения пожаров связана в первую очередь с влажностью хвои по сезонам: весной и осенью низкая, во второй половине лета высокая. Меньшим является риск пожаров в широколиственных лесах. В дубравах интенсивность пожаров обычно невелика, т.к. дуб имеет глубокую корневую систему, опад быстро разлагается, не формируя мощной листовой подстилки.

Малой степенью пожароопасности характеризуются мелколиственные древостои, слагаемые березой, ольхой и осиной. Вероятность пожаров в лиственных лесах выше весной и осенью в связи с малым развитием травянистого яруса и обилием опавшей листвы [11].

b₄, b₈, b₉ влажность лесных горючих материалов, эвапорация и транспирация: влагосодержание ЛГМ учитывается, поскольку при испарении воды выделяется энергия, уменьшающая энергию пожара. Однако эта оценка представляет значительную трудность и осуществляется путем оценки запаса воды в почве с помощью измерения поступления воды в почву (в виде дождей) и расхода воды из почвы (в виде эвапотранспирации) [12].

Географические (топографические) факторы (С)

c₁ экспозиция и крутизна склонов: от экспозиции и крутизны склонов зависят направление и скорость распространения пожара. Пожар легко распространяется вверх по склону, и чем круче склон, тем выше скорость движения. На крутых склонах горящие материалы могут скатываться вниз и создавать новые очаги горения.

От экспозиции склона зависят уровень радиации, зимнее распределение снега и скорость ветра. На склонах разных экспозиций наблюдаются закономерные изменения температуры воздуха и почвы, степени прогревания почвы.

От крутизны склона зависит температура почвы и приземного слоя воздуха, толщина снежного покрова, величина суточной амплитуды температуры, мощность почвенного профиля, интенсивность эрозии [13].

c₂ плотность рек: величина речного стока может быть индикатором насыщенности влагой водосбора и, следовательно, степени влажности лесных горючих материалов [12]. Можно сделать вывод, что вероятность возникновения лесного пожара увеличивается, когда расход воды в реке будет ниже некоторого определенного критического значения, т.е. растения перестанут питаться влагой.

c₃ широта: от широтного положения местности зависят такие зональные факторы как количество солнечного тепла, влаги и света [13]. От широты зависит грозовая активность [12].

Антропогенные факторы (D)

d₁, d₂, d₃ количество населенных пунктов, количество и плотность населения: пожарная опасность, которую представляют для леса различные группы населения, определяется следующими основными факторами: частотой и продолжительностью посещений леса; потребностью пользоваться источниками огня; объемом знаний и опыта обращения с огнем, дисциплиной и культурой поведения в лесу. В [14] выявлена зависимость числа лесных пожаров от количества населенных пунктов и численности жителей в них. В частности, 60-70 % всех пожаров происходят в радиусе 10-15 км от населенного пункта.

d₄ хозяйственная деятельность: пожары во время хозяйственной деятельности человека возникают по следующим причинам: разведение костров, в т.ч. в хвойных молодняках, на вырубках и торфяниках; запланированные палы; выжигание сенокосных угодий, пастбищ, травы на полянах; сжигание мусора, соломы и порубочных остатков в кучах; выжигание травы вдоль железных и автомобильных дорог.

d₅, d₆, d₇ протяженность и плотность автомобильных и железных дорог: частота пожаров вдоль автомобильных и железных дорог и по берегам судоходных рек превышает среднюю на всей площади [14]. Число пожаров вдоль дорог зависит от количества населенных пунктов, приходящихся на единицу площади.

d₈ поджоги: мотивы поджогов леса и причины возникновения пожаров объединены в две основные группы: преднамеренные и непреднамеренные. Наиболее типичной ситуацией возникновения пожара является разведение костра в неполюженном месте (на вырубках, торфяниках, хвойных молодняках и т.д.), при проведении в лесу пикниковой рекреации, приготовлении пищи во

время рыболовства, сбора грибов или ягод [14]. Таким образом, можно предположить, что поджоги имеют некоторую сезонность или цикличность.

d₉ месяц в году: особое значение месяц в году имеет для сельскохозяйственных работ, сопряженных с посевными и уборочными кампаниями. Также закономерно, что рекреационная деятельность человека и туризм осуществляются ежегодно в одни и те же месяцы.

d₁₀ день недели: относительное число пожаров, возникающее в выходные дни, определяется средней численностью жителей в населенных пунктах.

d₁₁ шалость детей.

d₁₂ непотушенный и необорудованный костер, непотушенные окурки, спички.

d₁₃ искры от машин и механизмов.

Всю совокупность факторов удобно представить в виде диаграммы причинно – следственных связей Исикавы (рисунок 3).

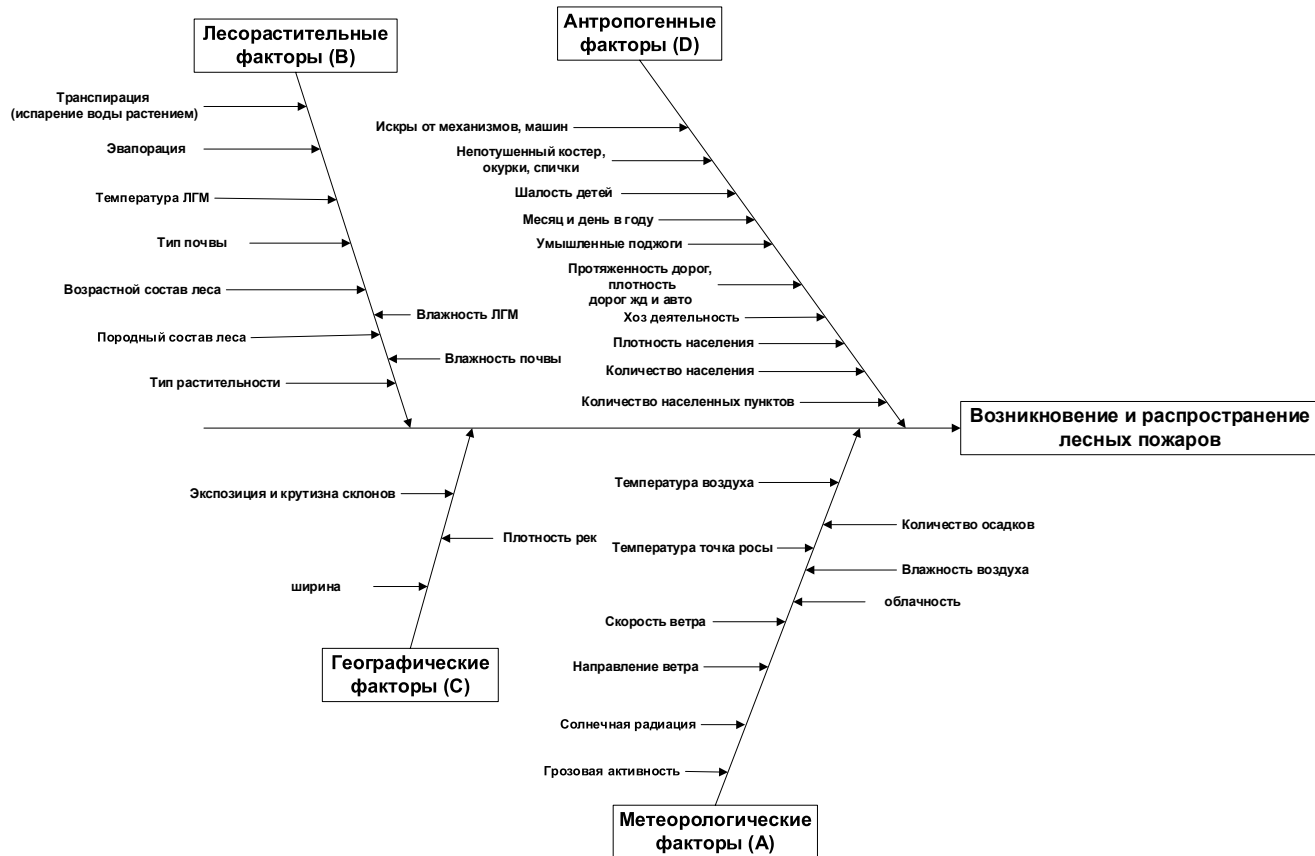


Рисунок 3 – Диаграмма причинно-следственных связей Исикавы

На данной диаграмме показана логическая связь между различными факторами возникновения и распространения лесных пожаров.

1.3. Лесные горючие материалы

Лесной пожар представляет собой неконтролируемое, стихийно развивающееся горение, которое возникает при особых природных условиях.

Возникновение многих лесных пожаров на большой территории закономерно и обусловлено периодически появляющимися природными факторами, подготавливающими горючие материалы к воспламенению, а также закономерно появляющимися источниками тепла [15].

Принято, что горючим материалом в лесу являются древостой, подрост, подлесок, живой напочвенный покров, валежник, пни, подстилка и торф, а частично, корни деревьев и кустарников.

1.3.1. Классификация лесных горючих материалов

Исследованию лесных горючих материалов посвящен целый ряд работ ученых.

Н. П. Курбатский [16,17] разработал классификацию лесных горючих материалов. По роли лесных горючих материалов (ЛГМ) в возникновении, распространении и развитии пожаров он предложил различать три класса: проводники горения, поддерживающие горение, и материалы, задерживающие распространение горения. Он объединил сходные по своим свойствам ЛГМ в группы (рис. 4)

Стволы и толстые ветви деревьев имеют постоянную высокую влажность, поэтому при пожарах не горят и не могут служить в качестве основного проводника горения.

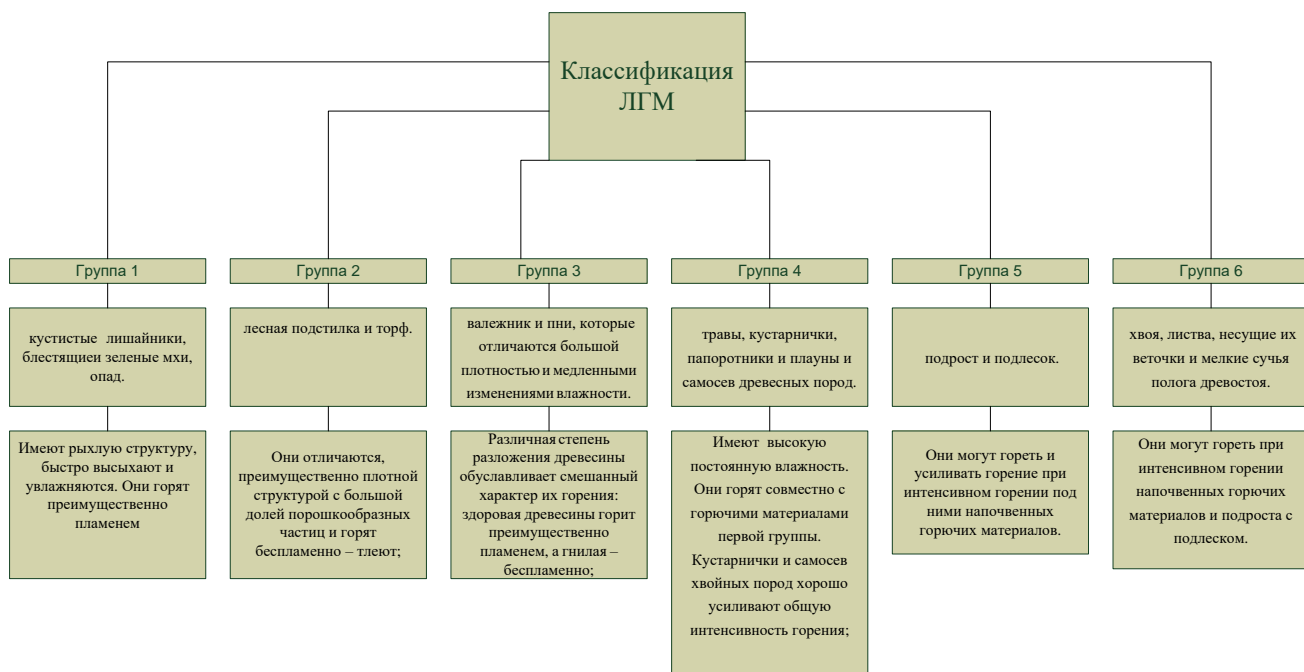


Рисунок 4 – Классификация ЛГМ по Н.М. Курбатскому

По мнению Н.П. Курбатского, правильнее считать их потенциальным лесным горючим материалом, источником сухостоя, валежника и опада, которые горят при пожарах. Однако поврежденные и больные стволы могут гореть, причем у них горят сухобочины, засмоленные раны, гнилая сердцевина и т. п. (рис. 5)



Рисунок 5 – Лесные горючие материалы

Позднее И. С. Мелехов и С. И. Душа-Гудым [7], учитывая способность к загоранию ЛГМ от брошенной спички, определили их опасность загорания.

Так группа 1 ЛГМ (по Н. П. Курбатскому отнесена ими к наиболее часто загораемым, группа 2 ЛГМ – к часто загораемым, а группа 3 ЛГМ – к редко загораемым.

На любом лесном участке одновременно имеется несколько видов горючего. Это может быть ветошь, опад хвои (листвы), лесная подстилка и др. Но не все виды ЛГМ представлены в одинаковой мере – часть из них присутствует в незначительном количестве, другие являются доминирующими. Последние и определяют характеристики возникшего на участке лесного пожара, а также последствия огневого воздействия. Совокупность наиболее распространенных видов лесного горючего, определяющая возникновение и развитие пожара на данной территории, и будет составлять **тип горючих материалов**.

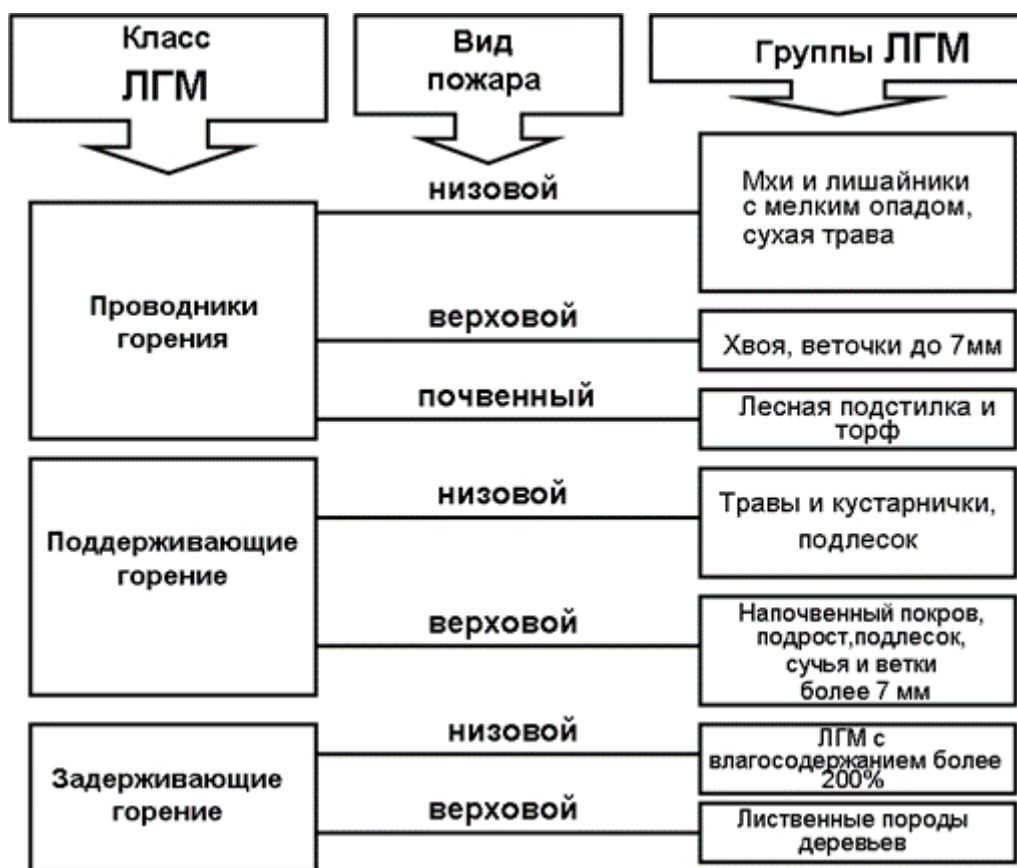


Рисунок 6 – Растительный покров как объект горения

Главные виды ЛГМ выступают в качестве основы для наименования соответствующих им типов горючего. Тип ЛГМ связан с определенными типами и группами типов леса. Каждой группе типов леса характерен свой

видовой состав древостоя, подлесок, напочвенный покров, опад, лесная подстилка, формирующие конкретный комплекс (тип) горючих материалов. Весьма распространенными являются следующие типы: лишайниковый, травяной, зеленомошный, сфагновый и др. (Матвеев [18]). Э. В. Конев [15] согласно разделению ЛГМ на классы и группы составил схему объектов горения, в которой они увязаны с видами лесных пожаров (рис. 6).

1.3.2. Влияние вида и структуры лесных горючих материалов на скорость распространения пламени при лесном пожаре

Растительная масса лесного биогеоценоза образует структурный слой из горючих материалов, по которому и распространяется горение при пожарах. Однако вся органическая масса лесного биогеоценоза при пожарах сгорает очень редко. Полнота сгорания ее, скорость распространения, интенсивность и другие характеристики горения в большей степени зависят от свойств горючих материалов, от их количества, структуры, влажности и химического состава [17].

На скорость распространения горения оказывают следующие факторы ЛГМ: **химический состав, зольность, теплотворная способность, температура горения, влагосодержание, структура и запас** (рис.7).

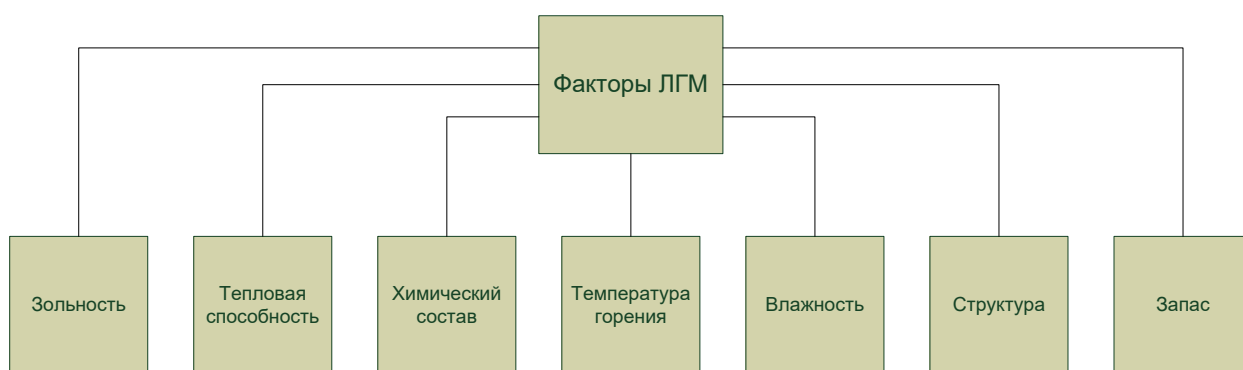


Рисунок 7 – Факторы ЛГМ

Химический состав. ЛГМ состоят из органических и минеральных соединений. Основными органическими веществами являются целлюлоза или клетчатка ($C_6H_{10}O_5$) – полисахарид, главная составная часть клеточных стенок растений, обуславливающая механическую прочность и эластичность

растительных тканей, лигнин – природный полимер, придающий клеточным стенкам сосудистых растений жесткость и прочность, содержащийся в одревесневших растительных тканях, гемицеллюлозы – полисахариды высших растений, входящих в состав клеточных стенок и выполняющих функцию аморфного цементирующего материала.

Содержимое клеток также включает белки, жиры, таниды, смолы, эфирные масла и др.

Неорганическая часть представлена следующими элементами: кальций, калий, натрий, магний, кремний, железо и другие элементы. Сгорая, минеральная часть растений образует золу, которая состоит, в основном, из окислов кремния, фосфора, магния, калия, кальция, железа и алюминия.

Под **зольностью** понимается отношение веса золы к весу горючего в абсолютно сухом состоянии, выраженное в процентах. Зольность ЛГМ не превышает обычно 10 %; например, зольность листьев березы составляет 0,7 %, а зольность торфа малой степени разложения может достигать 10 %. Исключение составляют такие растения, как хвощи, солянки и др., имеющие зольность до 20 % и более. Однако, они, как правило, не горят и относятся к группе горючих материалов, задерживающих горение.

Важнейшей характеристикой лесных горючих материалов является **теплотворная способность**. Различают высшую и низшую теплотворную способность. Высшая теплотворная способность, есть количество тепла, выделяющееся при сгорании 1 кг горючего в абсолютно сухом состоянии.

На лесных пожарах имеют дело с низшей теплотворной способностью, меньшее значение которой объясняется тем, что в процессе горения участвуют влажные горючие материалы. В результате этого часть тепла затрачивается на испарение влаги из горючего. Таким образом, теряется часть образующегося тепла.

Низшая теплотворная способность ЛГМ варьируется в пределах от 4020 ккал/кг; у лишайника – до 5410 ккал/кг; у торфа – высокая степень разложения. На практике теплотворная способность горючего оказывается

меньше низшего ее значения. Это связано с химическим недожогом, который означает неполное сгорание углерода, так как часть его улетает в виде мелких твердых частичек дыма (сажи).

Химический недожог топлива составляет 10–20 % [15,16].

Тепло, выделяемое при горении, идет на нагревание продуктов сгорания. Температура, до которой они нагреваются, называется **температурой горения**.

Древесина содержит свыше 40 % собственного кислорода (сравнительно окисленный материал) и потому не может выделять большого количества тепла при своем окончательном окислении в процессе горения, как, например, каменный уголь или нефть [19]. При горении древесины температура составляет – около 1000 °С [15]. Температура с изменением высоты деревьев при среднеинтенсивном низовом пожаре в южно-таежном сосняке (рис. 8) лишайниково-зеленомошном [20] изменяется.

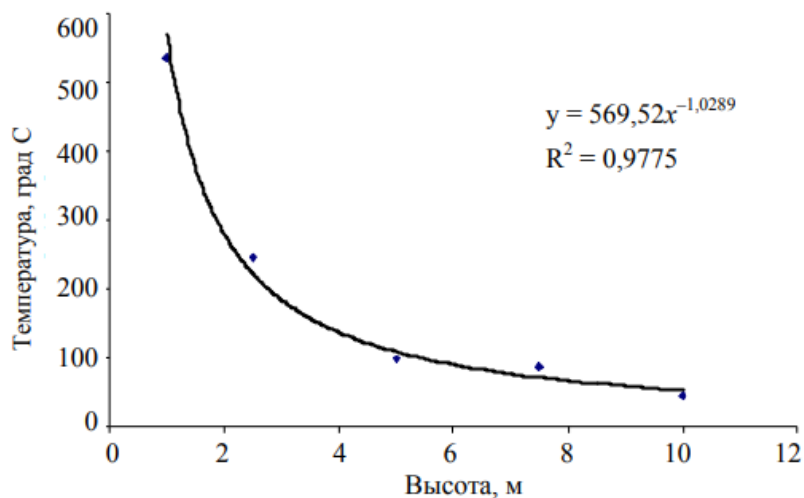


Рисунок 8 – Изменение температуры с высотой при пожаре в сосняке лишайниково-зеленомошном [22]

Установлено, что при горении максимальные значения температуры достигали на поверхности напочвенного покрова более 1000 °С. С высотой поднятия воздуха максимальные значения температуры образовавшихся газов уменьшаются. Можно видеть, что на высоте нахождения крон деревьев температуры превышают 100 °С, что приводит к ожогу крон и отмиранию деревьев, особенно при высокоинтенсивных пожарах.

Влагосодержание ЛГМ. Определяется данный показатель как отношение массы, содержащейся в образце воды, к сухой массе образца. Однако в некоторых случаях используют другой параметр – влажность горючего (отношение содержащейся в образце воды к общей массе влажного образца). В реальной обстановке лесные материалы никогда не бывают абсолютно сухими. По влагосодержанию все ЛГМ делятся на 2 класса: гигроскопические и негигроскопические.

У гигроскопических ЛГМ увлажнение происходит в основном за счет дождя, росы, при высокой относительно влажности воздуха (мхи, лишайники, опад, подстилка, валеж и другие растительные остатки). Так, например, влагосодержание опада, зеленых мхов и кустистых лишайников изменяется от минимального влагосодержания в 6–10 % до максимального, которое у опада после дождя может достигать 130 %, зеленых мхов – 390 %, лишайника – 300 % [21].

У негигроскопических ЛГМ увлажнение происходит в результате физиологических процессов в живых растениях (травы, кустарнички, подлесок, подрост, листья и хвоя деревьев). Н. П. Курбатский [16] установил, что у вечнозеленых кустарничков влагосодержание изменяется в течение вегетационного периода в пределах от 70 до 160 %. У вечнозеленых древесных пород тайги весной только что распутившаяся хвоя имеет максимальное влагосодержание, превышающее 400 %, которое к осени понижается до 120–140 % и на этом уровне сохраняется все последующие годы [17]. М. А. Софронов [22] наблюдал в горах юга Сибири влагосодержание травостоя в целом, достигающее 700–900 %, которое с мая по сентябрь уменьшилось вдвое.

Исследования показали, что изменение влагосодержания в интервале от 0 до 10 % не оказывает заметного влияния на скорость распространения горения. Дальнейшее повышение влагосодержания горючих материалов приводит к резкому снижению скорости распространения горения, и при влагосодержании в 25–30 % пламенное горение почти прекращается.

Критическое влагосодержание подстилки, при котором она может тлеть, по данным Н. П. Курбатского [16] значительно превышает 230 %. Тление подстилки может сохраняться длительное время в скрытом состоянии. Это является одной из причин возобновления уже потушенных пожаров.

В связи с этим одним из основных пирологических параметров растительного горючего является его влагосодержание.

На увлажнение и высыхание ЛГМ на лесном участке влияет на их пространственное размещение, рельеф, экспозиция склона, освещенность и вид горючего.

На варьирование влагосодержания в пределах синузии даже у одного вида ЛГМ может оказывать влияние нанорельеф и распределение осадков под пологом леса. Так, разница во влагосодержании лишайников одной синузии, произрастающих на восточном наносклоне, выше на 10 %, чем на южном, а у мха эта разница может достигать 20–25 %.

1.3.3. Структура и запас ЛГМ

Структура ЛГМ включает в себя форму, размеры и расположение частиц горючего относительно друг друга или по отношению к поверхности почвы и высоты слоя.

Со структурой горючих материалов тесно связана их плотность, или объемная масса (количество вещества, содержащегося в единице объема). Различают плотность покрова в целом и плотность составляющих его элементов. Более плотное и менее рыхлое горючее при прочих равных условиях горит хуже, так как выделение тепла замедлено, поскольку поверхность соприкосновения с кислородом горящего слоя мала. Иная ситуация при горении рыхлого слоя ЛГМ. Здесь поверхность соприкосновения с кислородом больше и при излучении каждой горячей частицей энергии последняя попадает на соседние частицы и подогревает их. Только наружный слой материала излучает тепло в окружающую атмосферу.

Необходимо отметить еще одну особенность лесного горючего – слоистость строения образуемого им слоя. Верхний (активный) подслоя имеет, как правило, более рыхлую структуру и меньшее влагосодержание в засушливую погоду, чем нижний подслоя. В связи с этим загораемость участка, а также характер горения определяются состоянием и структурой их верхнего подслоя [18].

В табл. 1 приведены данные по влагосодержанию опада и послойному влагосодержанию лишайника и мха после длительного сухого периода (9 дней без дождя). Наблюдаются достоверные различия во влагосодержании различных слоев ЛГМ.

Характер лесного пожара во многом зависит от расположения горючих материалов и их количества на единице площади (**запаса**). Так, если на участке имеется хвойный подрост или подлесок, то огонь легко переходит в кроны деревьев. Если же древостой одновозрастный, то при отсутствии на поверхности почвы больших запасов ЛГМ, определяющих интенсивность пожара, пламя будет распространяться по напочвенному покрову.

Таблица 1. Послойное влагосодержание ЛГМ

Вид ЛГМ		Влагосодержание, %		
		X	$\pm\sigma$	V
Опад		9,8	2,5	25,6
Лишайник <i>Cladonia</i> , см	0–2	10,3	2,0	19,9
	2–4	14,5	1,6	11,1
	4–6	21,0	6,1	29,3
Мох <i>Pleurzium schreberi</i> , см	0–2	12,6	4,5	27,1
	2–4	19,7	3,0	15,3
	4–6	32,6	9,8	30,0

По данным М.А. Софронова [23] максимальное влагосодержание верхнего слоя (0-2 см) у лишайника составило 180 %, нижнего (3-4 см) 300 %.

Для возникновения и распространения горения в лесу необходим минимальный или критический запас ЛГМ. Критический запас – это запас, меньше которого распространение горения невозможно. Он составляет около 0,2 кг/м². На критический запас влияет структура слоя горючего. Так, травяная

ветошь тонкой осоки, равномерно распределенная по площади, может проводить горение при запасе 0,07 кг/м².

С 50-х годов прошлого века при оценке запасов лесных горючих материалов широко используется методика Н. П. Курбатского. Отбор образцов лесных горючих материалов проводится на площадках 20×25 см, равномерно распределенных по участку. Так как запасы горючих материалов варьируют по площади, то при оценке запасов мохово-лишайникового покрова, опада и подстилки для достижения 10 % точности учета необходимо заложить 40–50 площадок размером 20×25 см, а для 20 % точности – 10–15 площадок [24].

Смолистые вещества, экстрагируемые серным эфиром, в листьях багульника составляют 18 %, а у других лесных горючих материалов они составляют от 1 до 3 %. Высокая теплотворная способность смолистых веществ повышает температуру пламени и ускоряет горение.

Объемная скорость горения ЛГМ, по данным Г. А. Амосова [25], различна (рис. 9). Так, скорость горения багульника в 28 раз превышает скорость горения торфа.

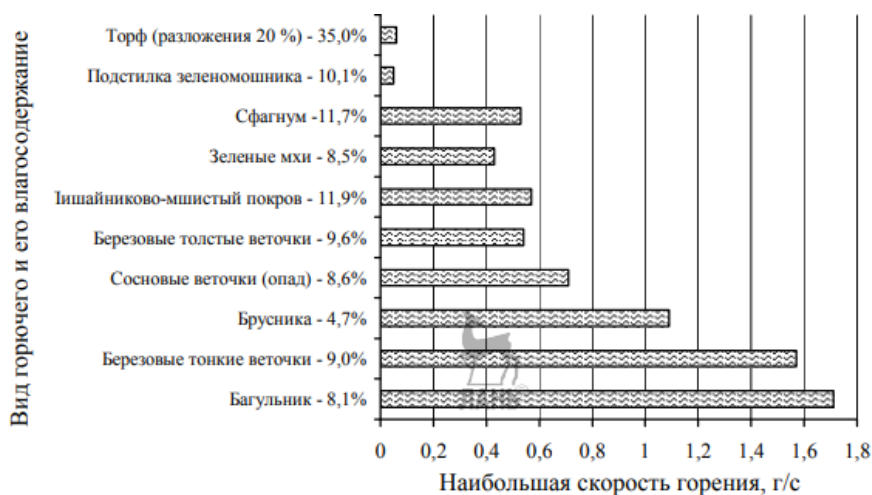


Рисунок 9 – Объемная скорость горения различных лесных материалов

Сила пожара. При борьбе с лесными пожарами важное значение имеет скорость распространения огня и высота пламени, а в случае почвенных пожаров – глубина прогорания. Скорость распространения огня и высота пламени в основном зависят от запаса ЛГМ и его влагосодержания. Для

определения силы лесных пожаров Н. П. Курбатский предложил следующую классификацию, которая в настоящее время применяется на практике (табл. 2).

Основные диагностические признаки для определения вида лесного пожара и его интенсивности, принятые приказом Рослесхоза в 1998 году.

Пожар, охвативший значительную площадь, чаще всего носит смешанный характер. Он сочетает в себе элементы различных видов и форм пожаров, так как лесная обстановка обладает большим разнообразием, а характер горючих материалов, количество и способность их к горению различны на каждом участке леса. Пожар обходит участки, где в данных условиях горючий материал неспособен гореть, поэтому часть территории может быть вообще не повреждена огнем. Кромка пожара, распространяясь с разной скоростью, в зависимости от наличия и состояния горючих материалов становится сложной, разбивается на отдельные участки, которые можно принять за отдельные самостоятельные пожары. В дальнейшем отдельно действующие участки кромки пожара могут сливаться и опять распадаться. В таких условиях затруднительно выделить основные элементы пожара – фронт, фланг, тыл. Ориентироваться в обстановке становится сложно.

Таблица 2. Классификация лесных пожаров по их силе [26]

Показатель силы пожара	Значение показателей силы пожара		
	слабые	средней силы	сильные
Низовой пожар			
Скорость распространения огня, м/мин	до 1	до 3	свыше 3
Высота пламени, м	до 0,5	до 1,5	более 1,5
Верховой пожар			
Скорость распространения огня, м/мин	до 3	до 100	свыше 100
Почвенный пожар			
Глубина прогорания, см	до 25	до 50	более 50

Кроме того, площадь пожара оказывает влияние на характер пожара. Так, при площади 15–25 га и более и количестве горючего материала 10–30 т/га и более формируется развитая конвекционная колонка, поднимающая горящие материалы на значительную высоту. При наличии ветра они перебрасываются на большие расстояния, что приводит к появлению многочисленных очагов загорания перед фронтом основного пожара и быстрому охвату огнем больших площадей.

Достаточно точно интенсивность низового пожара можно определить по скорости распространения и высоте пламени, используя классификацию лесных пожаров в сосновых лесах по интенсивности (Иванова, [20]) (табл. 3).

Сила пожара, как и вид, определяется по наиболее интенсивно горящей части кромки. Она зависит от многих факторов (вид и состояние ЛГМ, условий погоды, времени суток и других факторов) и потому при тушении пожара очень важно правильно учесть ее вероятные изменения.

Таблица 3.

Классификация пожаров в сосновых лесах Сибири по интенсивности кромки пожара

Вид и интенсивность пожара	Интенсивность кромки пожара, кВт/м	Скорость распространения, м/мин	Высота пламени, м.
Низовой пожар низкой интенсивности	≤ 2000	1,0–2,9	менее 0,5
Низовой пожар средней интенсивности	2001–4000	3,0–5,9	от 0,5 до 1,5
Низовой пожар высокой интенсивности	более 4001	6,0 – 9,0	более > 1,5

1.3.4. Горение древесины

Рассмотрим некоторые особенности процесса горения растительных материалов, упростив процесс и предполагая, что температура всей массы образца будет повышаться медленно (на примере древесины).

Вначале горючее нагревается вместе с адсорбированной в нем водой без заметного испарения последней. Существенное испарение воды начинается при температуре 50–60 °С и заканчивается при температуре 110 или 150 °С [21]. Горение материала невозможно до того момента, пока вся вода не испарится из близлежащих к огню слоев горючего.

С повышением температуры до 180–250 °С наступает процесс теплового разложения древесины, или пиролиз, с возгонкой летучих веществ. Это газообразные вещества, состоят главным образом из окиси углерода, небольших количеств водорода, метана, углекислого газа, окислов азота и паров воды. Кроме летучих веществ, при разложении древесины образуется твердый остаток, состоящий из кокса (чистого углерода) и воды. В большинстве при горении ЛГМ летучие вещества составляют 65–75 %, кокс – 20–25 %, а остальное – зола. Нагретые газы в своем потоке выносят в атмосферу частицы сажи и неразложившиеся смолистые вещества. Эти частицы, диаметром менее микрометра, образуют дым.

При температуре 400–500 °С разложение растительных материалов (древесины) и выделение горючих газов завершается, древесина обугливается и дальнейшее горение угля происходит без пламени; температура может достигать 1000 °С (рис. 10).

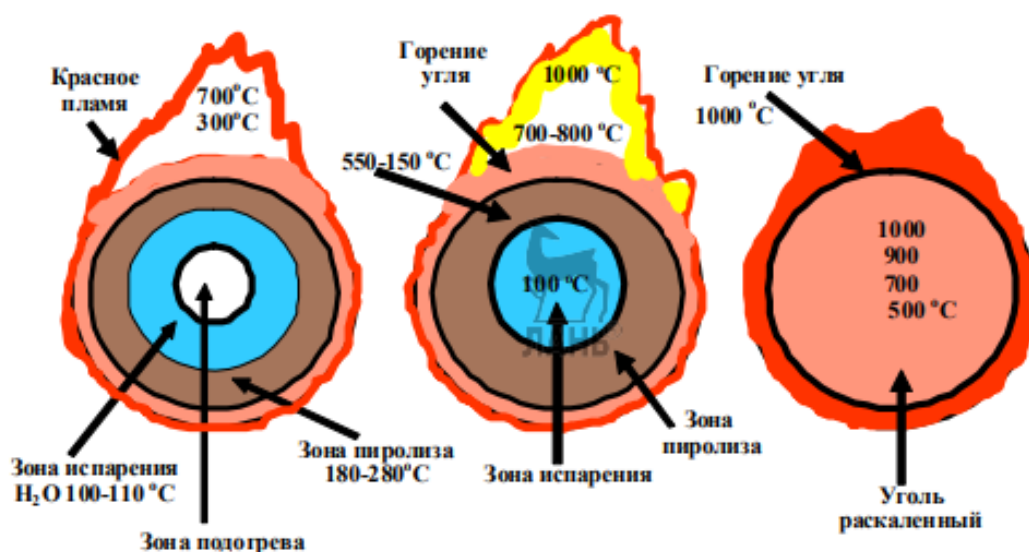


Рисунок 10– Схема горения бревна в поперечнике (по Амосову, 1958) [21]

В таблице 4 приведены температуры самовоспламенения, воспламенения, вспышки древесных пород.

Таблица 4
Температуры самовоспламенения, воспламенения и вспышки древесных пород

Древесная порода	Температура, °С		
	самовоспламенения	воспламенения	вспышки
Сосна	360	270	230
Ель	400	290	260
Дуб	350	270	240
Ольха	380	270	240

Таким образом, при зажигании ЛГМ последовательно протекают следующие стадии: нагрев влажного материала, сушка, нагрев сухого материала и его газификация, образование горючей смеси и воспламенение.

Общее время зажигания определяют, в основном, стадии сушки и нагрева сухого материала [16]. Отсюда практический вывод: если горючие материалы имеют невысокую влажность, то на подготовку их к воспламенению требуется меньше тепла. Сухие материалы легче загораются, и горение быстро распространяется по их поверхности.

При увеличении влагосодержания, соответственно, возрастает количество тепла, необходимого для подсушки и подогрева лесных горючих материалов (ЛГМ) до температуры воспламенения. Горение прекратится, когда содержание влаги в материале превысит некую критическую для данных условий величину и тепла, выделяющегося горящей кромки, окажется недостаточно.

Начавшийся процесс горения поддерживается за счет выделяющегося тепла. При сгорании ЛГМ образуется тепло, которое полностью используется на подготовку соседних слоев горючего.

Как только возникает очаг горения, сразу начинается рассеивание тепла, происходящее тремя путями: радиацией (лучеиспусканием), конвекцией (с током газов) и теплопроводностью (от слоя к слою молекул) (рис. 11).

Основная доля тепла уносится нагретыми газами вверх (конвекция); рассеивание энергии теплопроводностью (кондуктивностью) составляет небольшую долю от всего расхода и промежуточное положение занимает радиация (индукция).

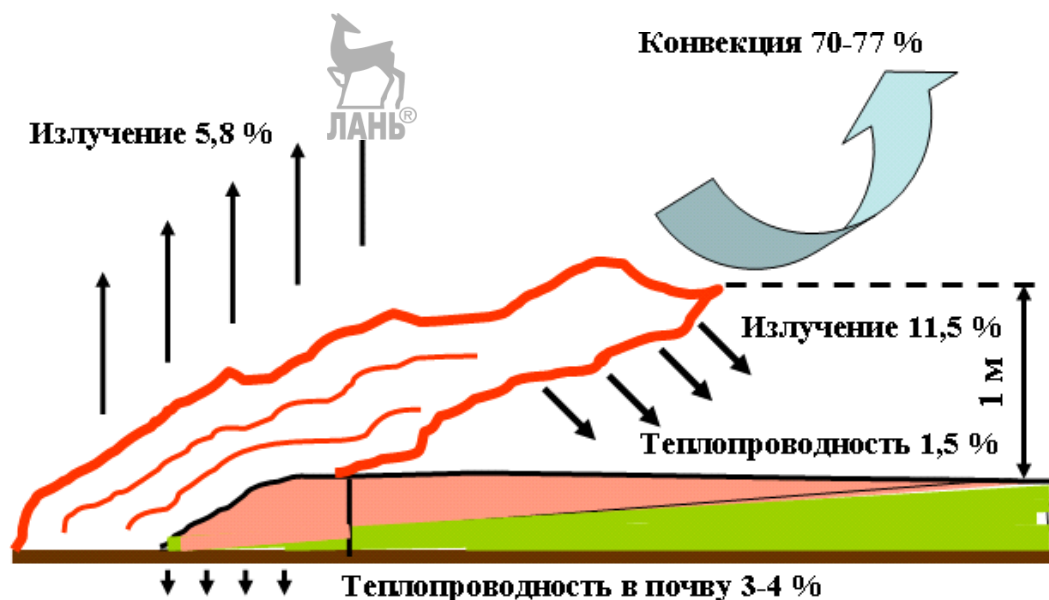


Рисунок 11 – Схема расход теплоты при низовом пожаре

Если рассеивание тепла в окружающее пространство меньше, чем выделение, то горение носит устойчивый характер. Когда оба параметра одинаковы, горение неустойчивое, оно характерно для влажных ЛГМ. При большом рассеивании тепла горение материалов, вызванное внешним источником тепла, прекращается самопроизвольно. Пламенное горение прекращается и при снижении концентрации кислорода вокруг пламени до 14%.

Температура внутри пламени в его темной, несветящейся части составляет 300 °С, а на границе перемешивания летучих веществ с воздухом температура увеличивается до 800–1000 °С. От резкого нагрева пламенные газы мгновенно расширяются и одновременно возрастает их давление. Особенно заметно это проявляется на фронте верхового пожара. Под действием избыточного давления угарный газ легко проникает в любые негерметичные условия, что вызывает отравление находящихся там людей.

1.4. Формирование цели и задач для проведения экспериментов

Проведенный литературный анализ показал, что значительную роль в возникновении и распространении лесного пожара вносят метеорологические факторы (ветер, влажность и температура воздуха) и антропогенные факторы.

Длительная высокая температура способствует высыханию ЛГМ и испарению влаги, а под влиянием ветра увеличивается скорость распространения горения, особенно верховых лесных пожаров. Это способствует возникновению новых очагов горения путем переноса горящих частиц.

При возникновении пожара в лесу, он вызывает возникновение локальных воздушных потоков, чем усиливает влияние преобладающего ветра на распространение огня. Воздух над поверхностью пламени нагревается и поднимается вверх. На его место устремляется свежий воздух, который способствует процессу горения. В результате над пожаром образуется конвекционная (тепловая) колонка.

В конвекционной колонке часто находятся горящие ветки, пучки хвои, которые поднимаются над лесным пологом, а затем опускаются на лес на расстоянии 200...300 м и более от основного очага горения, (в зависимости от скорости ветра и наклона конвекционной колонки) и создают новые очаги горения [27].

В результате проведенного анализа сформированы задачи исследования:

1. Определить возможные режимы воспламенения ЛГМ;
2. Определить времени горения образца определенной формы и размера в нагретом потоке воздуха.

В качестве объекта исследования выбраны:

- мох – Сфагнум;
- веточки лиственных пород деревьев;
- веточки еловых пород деревьев.

2. Экспериментальная часть

2.1. Определение возможных режимов воспламенения лесного горючего материала (ЛГМ).

Описание исследуемого образца

В качестве исследуемого лесного горючего материала был выбран мох – сфагнум.

Сфагнум – род мхов, споровых многолетних растений с тонкими стеблями и мелкими удлинённо-ланцетными листиками. Растение не имеет корневой системы. Сфагнум – главный образователь торфа, залежи которого образуются из-за отмирания стеблей, роста верхней части мха и его высокой влагоемкости. Сфагнум мох обладает высокими газо- и влагопоглощающими свойствами. Мох сфагнум растет обширными колониями, образуя густые плотные скопления, сплошные зеленые ковры.

В составе сфагнума содержатся тритерпеновые соединения (ситостерол, ситостанол), фенокислоты (фумаровая, изохлорогеновая, кофейная, пирокатехиновая, хлорогеновая, федуловая), кумарины (эскулетин, герниарин, скополетин, эскулин, умбеллиферон), лигноцерол, сиреневый альдегид, ванилин, параоксибензальдегид, пигменты, фенолоподобное вещество сфагнол, пектиновые вещества, смолы, сахара, кумарины, карболовая кислота, целлюлоза, минеральные соли, альдегиды [28].

Описание установки

Установка для проведения экспериментов представляет собой тепловую камеру с элементом нагрева (рис.12).

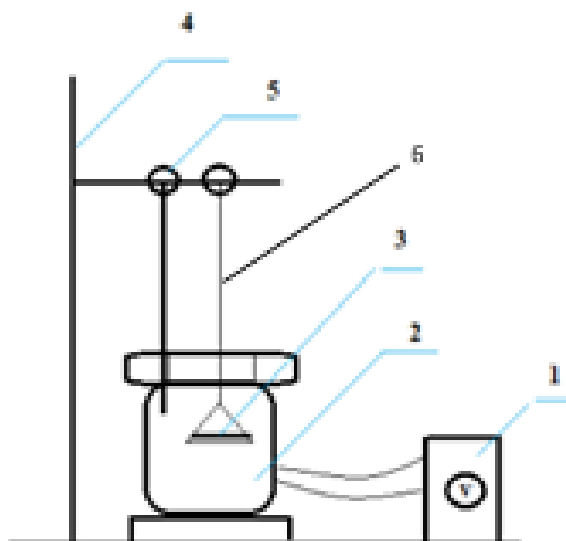


Рисунок 12 – Схема установки по определению температуры самовозгорания ЛГМ

1 – автотрансформатор; 2 – тепловая камера; 3 –подвешенная бьюкса; 4 – штатив; 5 – термометр, фиксирующий температуру внутри тепловой камеры, 6 – термоэлектрический прибор с цифровой регистрацией данных

На рисунке 13 показана установка, собранная в лаборатории Томского политехнического университета.



Рисунок 13 – Установка по определению температуры самовозгорания ЛГМ

Температура внутри тепловой камеры регулируется путем изменения напряжения в автотрансформаторе. Исследуемый образец ЛГМ помещается в металлическую бьюксу (сетчатый конус) объемом 50 см³, и устанавливается в

тепловую камеру. Определение температуры в образце происходит благодаря термопаре, установленной внутри бьюксы.

Методика и этапы проведения экспериментов

Методика проведения опытов основывается на ГОСТе 12.1.044-89. «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов».

План по проведению экспериментов состоял из следующих этапов:

1. Осенью до начала снега был заготовлен мох, хранился в герметичной емкости для того, чтобы не испарялась влага;
2. До проведения эксперимента определены условия окружающей среды, которые в какой-то степени могли помешать на ход проведения экспериментов (температура в лаборатории, метеоусловия, атмосферное давление и т.д.);
3. Выбрана бьюкса, посчитан ее объем;
4. В бьюксу помещался измельченный мох;
5. Далее производилось взвешивание мха, расчёт плотности исследуемого образца;
6. Внутри тепловой камеры помещался термометр, фиксирующий температуру внутри тепловой камеры;
7. Задавалось определенное напряжение на автотрансформаторе, далее осуществлялся прогрев тепловой камеры до достижения устойчивой температуры в тепловой камере;
8. После прогрева тепловой камеры на штатив подвешивалась бьюкса с исследуемым образцом;
9. Устанавливался внутри образца термоэлектрический прибор с цифровой регистрацией данных;
10. В боксе включалась вентиляционная система;
11. В ходе проведения экспериментов осуществлялось наблюдение за: изменениями образца, его цветом, выделением газов и дыма, при этом

фиксировалось значение температуры образца и температура внутри тепловой камеры через равные промежутки времени;

12. После проведения экспериментов проводилось взвешивание образца.

Температурой самовозгорания исследуемого образца будет являться минимальная температура, при которой возникает тление или пламенное горение исследуемых образцов.

Условия проведения экспериментов

Была проведена серия экспериментов при напряжении 100 В, 150 В, 170В.

Взвешивание образцов проводилось на весах марки CAUW 220 заводского номера D303500113. Точность измерения – 10^{-4} . Образец ЛГМ помещался в металлическую бьюксу, объемом 50 см³, в виде сетчатого конуса с основанием 5 см.

При напряжении 100 В

Объем, в который помещается образец в прогретой бьюксе, термостатирован (контролируемая подача или отбор энергии нагрева или охлаждения с целью поддержания постоянной температуры среды) и представляет собой цилиндрическую форму. Температура в камере регистрируется ртутным термометром, температура внутри образца регистрируется при помощи термоэлектрического прибора с цифровой регистрацией данных. Внутренний диаметр тепловой камеры составляет 100 мм. ($d=100$ мм.), высота – 104 мм. ($h=104$ мм.).

Таблица 5
Результаты опытов

Показатель	Значение	Размерность
Напряжение	100	В
влажность в помещении W	25	%
температура в тепловой камере до помещения образца	106	°С
максимальная температура в тепловой камере	119	°С
температура воздуха T _{возд}	23	°С

давление воздуха $P_{\text{возд}}$	746	мм.рт.ст
масса образца до эксперимента $m_{\text{до}}$	2,91	гр.
масса после эксперимента $m_{\text{после}}$	0,38	гр.
процент потери массы образца	87	%
общее время опытов	70	мин.

При напряжении 100 В мы наблюдали за плавным процессом прогрева образца, данный процесс показан на диаграмме (рис. 14).

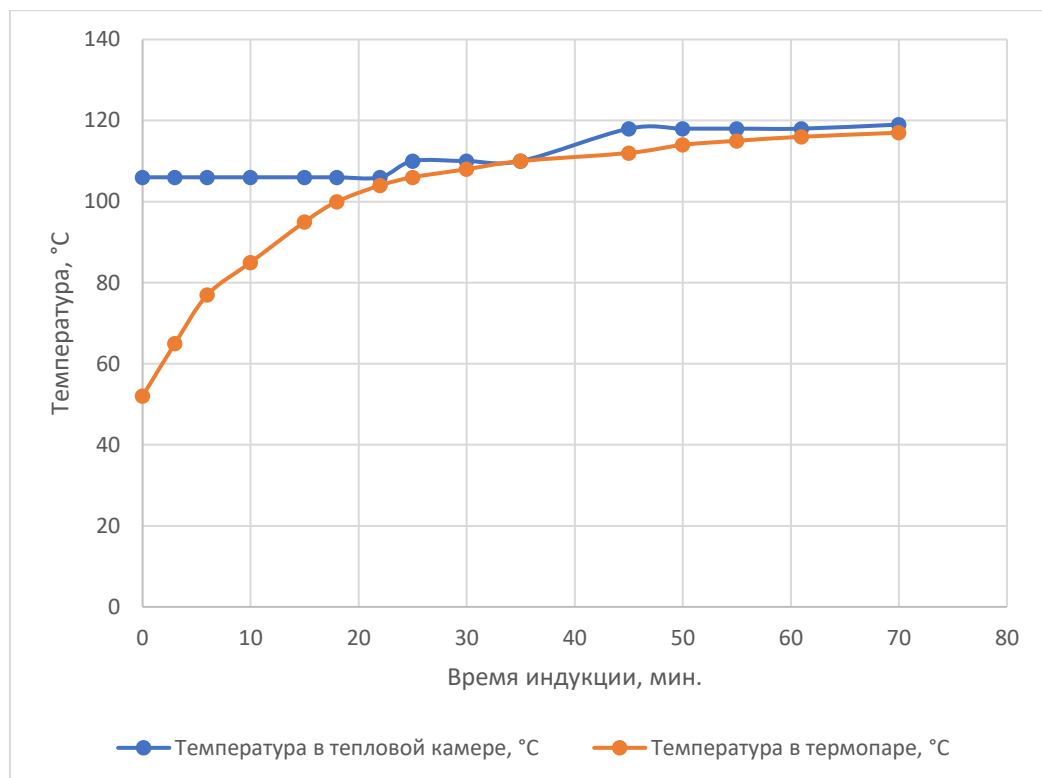


Рисунок 14 – График зависимости роста температуры в центре образца и в тепловой камере от времени индукции

Увеличение температуры в тепловой камере во время опыта свидетельствует о прибытии тепла в систему за счет окислительных реакций с продуктами деструкции.

На 35 минуте температура в термопаре и в тепловой камере выровнялись. Начиная с 70 минуты повышение температуры не было зафиксировано.

В процессе экспериментов, проведенных при напряжении 100 В было зафиксировано изменения цвета образца (рис.15), больше видимых изменений отмечено не было.



а

б

в

Рисунок 15 – Виды образца
 а - образец до эксперимента
 б – образец после эксперимента в бьюксе
 в – образец после эксперимента

После проведения опыта навеска, находясь на весах, увеличивает свой вес, что свидетельствует о наличии сорбционных процессов. Это подтверждает тот факт, что образец в период опыта был высушен.

При напряжении 150 В

После проведенного эксперимента при напряжении 150 В часть образца подожгли на металлической подложке. Горение протекало с небольшим выделением дыма. На металлической подложке образовалось масляное пятно, что связано с присутствием смолянистых составляющих в образце.

Таблица 6
 Результаты опытов

Показатель	Значение	Размерность
Напряжение	150	В
влажность в помещении W	65	%
температура в тепловой камере до помещения образца	184	°С
максимальная температура в тепловой камере	205	°С
температура воздуха $T_{\text{возд}}$	23	°С
давление воздуха $P_{\text{возд}}$	768	мм.рт.ст
масса образца до эксперимента $m_{\text{до}}$	4,58	гр.

масса после эксперимента $m_{\text{после}}$	2,17	гр.
процент потери массы образца	87	%
общее время опытов	81	мин.

После помещения мха в тепловую камеру, нагретую до 184 °С (рис.16), в первые три минуты происходит его нагрев. За счет испарения воды из верхних слоев образца, происходит падение температуры в нагреваемом объеме до 169 °С. В самом же образце температура медленно продолжает расти. Происходит выделение воды из середины образца, температура в тепловой камере падает до 181°С.

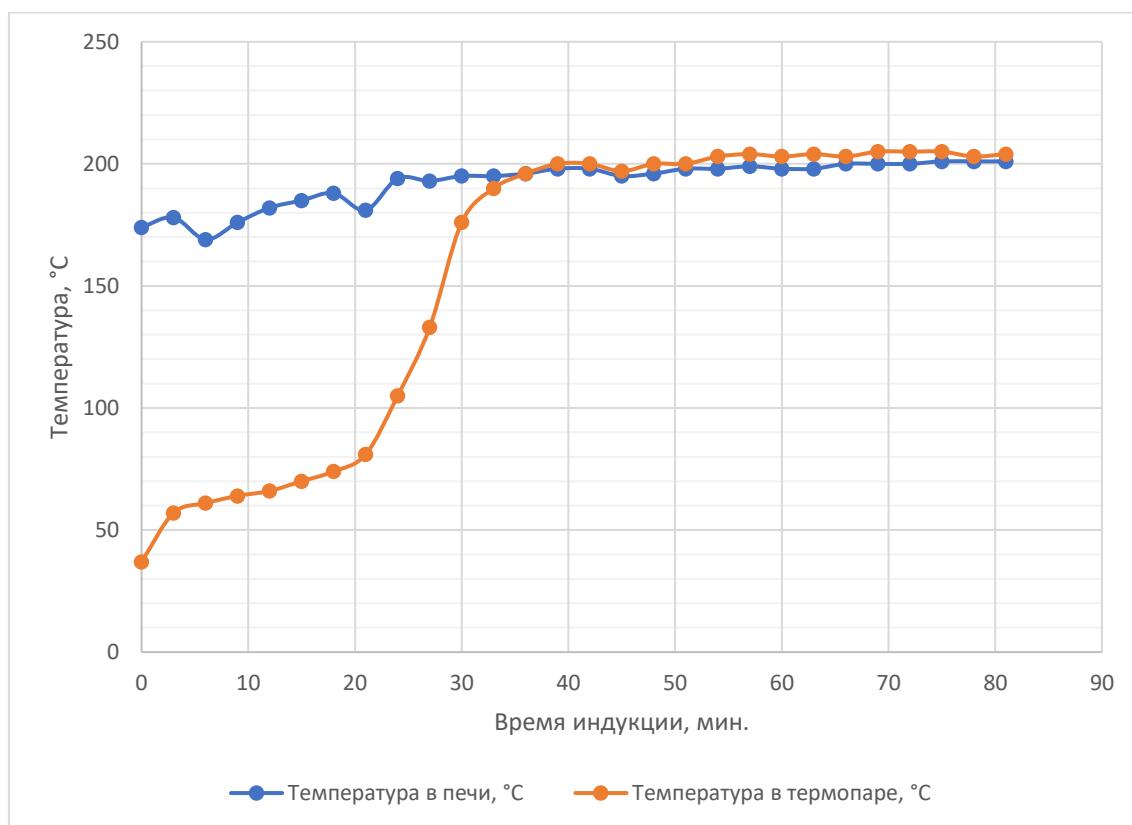


Рисунок 16 – График зависимости роста температуры в центре образца плотностью 0,0916 г/см³ помещенного в печь при постоянном напряжении на клеммах печи в 150 В и температуре в печи 184 С с временным шагом 180 с и изменением температуры в области нагрева

Неравномерность изменения кривой температуры в печи приводит к выделению дегтя, оксида и диоксида углерода из образца. Далее происходит окисление оксида углерода, что характеризуется ростом температуры на термопаре.

При достижении 194 °С в тепловой камере наблюдается некоторое снижение температуры, что объясняет начало диссоциации дегтя и усиление окислительных процессов продуктов диссоциации. Данный процесс повышает температуру в тепловой камере до 200 °С.

Температура внутри тепловой печи и в термопаре выравниваются на 36 минуте при достижении 196 °С.

Температура внутри тепловой камеры и в образце достигает стабильного значения. На дальнейшее повышение температуры нет возможности повлиять, так как задано определённое значение напряжения на автотрансформаторе.



а.

б.

в.

Рисунок 17 – Виды образца
а - Образец до эксперимента
б – образец после эксперимента в бьюксе
в – образец после эксперимента

Если сравнивать вид образца до/после эксперимента, то мох приобрел более темный цвет (рис. 17).

При напряжении 170 В

В таблицу 7 занесены основные результаты опытов.

Таблица 7
Результаты опытов

Показатель	Значение	Размерность
Напряжение	170	В
влажность в помещении W	66	%
температура в тепловой камере до помещения образца	236	°С
максимальная температура в тепловой камере	900	°С
температура воздуха $T_{\text{возд}}$	22	°С
давление воздуха $P_{\text{возд}}$	764	мм.рт.ст
масса образца до эксперимента $m_{\text{до}}$	4,58	гр.
масса после эксперимента $m_{\text{после}}$	0,64	гр.
процент потери массы образца	86	%
общее время опытов	24	мин.

Исходя из проведенного опыта, можно предположить, что температура самовозгорания объекта находится в пределах 300 °С (рис.18). При наличии необходимого количества кислорода из тлеющего процесса горения может перейти в пламенное горение.

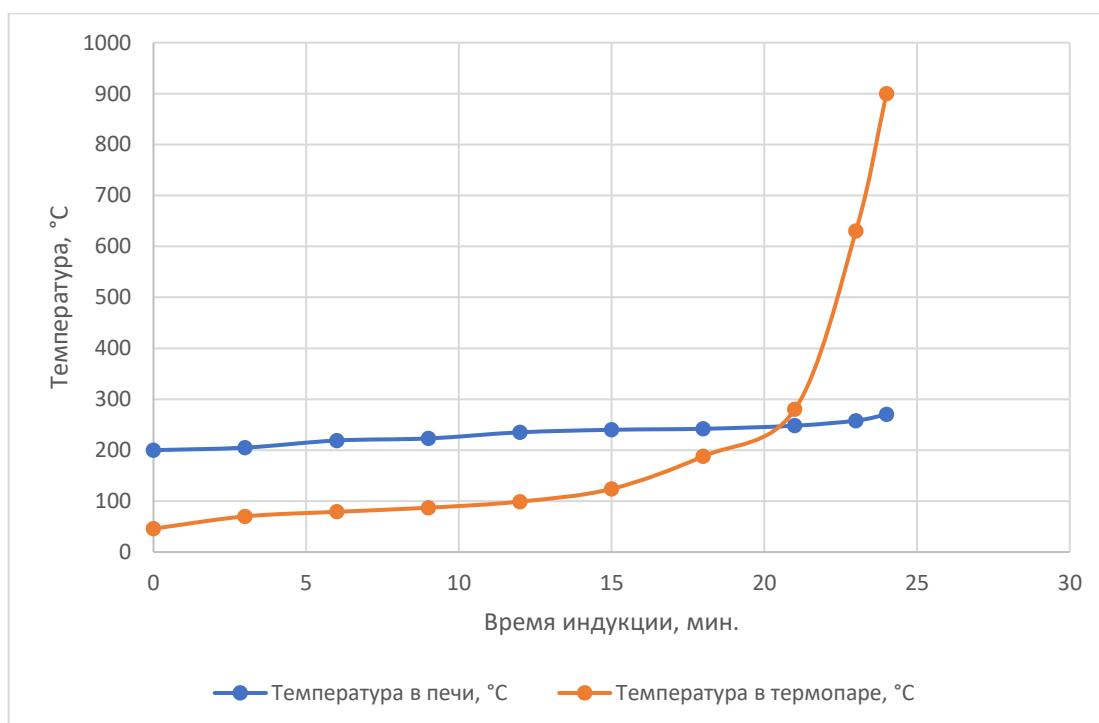


Рисунок 18 – График зависимости роста температуры в центре образца плотностью 0,0908 г/см³ помещенного в печь при постоянном напряжении на клеммах печи в 170 В и температуре в печи 236 С с временным шагом 180 с и изменением температуры в области нагрева

После опыта образец был извлечен из бьюксы и разложен на лист бумаги, было замечено, что мох по большей части был подвержен самовозгоранию внизу бьюксы, чем на поверхности.

На рисунке 19 выделены 4 вида мха до и после эксперимента: 1 – до эксперимента, 2 – обугленная веточка мха, 3 – конечный продукт горения-зола, 4 – промежуточный продукт горения между золой и обугленной веточкой.



Рисунок 19 – Образец после эксперимента

В ходе проведения экспериментов при напряжении 100 В, 150 В и 150 В, было произведено наблюдение за пятью основными стадиями до воспламенения образца:

1. прогрев твердой фазы; толщина зоны зависит от температуры и теплопроводности вещества;
2. пиролиз, или зона реакции в твердой фазе, в которой образуются летучие горючие вещества;
3. возникает предпламенная область в газовой фазе, в ней образуется смесь с окислителем;
4. образуется реакционная зона, в газовой фазе которой происходит превращение продуктов пиролиза в летучие продукты горения, данная зона переходит в зону тления, а затем возникает пламя;

5. образуются продукты горения, образование которых сопровождается ростом температуры

2.2. Определение времени горения образца определенной формы и размера в нагретом потоке воздуха

В качестве образцов были подготовлены:

- кубики из березовой коры с боковой гранью 8 мм и 10 мм;
- цилиндры из ели: с сучком из без сучка, длиной 10 мм;
- цилиндры из сосны: с сучком из без сучка, длиной 11 мм.

Описание и результаты опытов

Установка для проведения опыта представляет собой штатив, на который установлены: вертикально закрепленная термопара с исследуемым образцом; кварцевая колба и под кварцевой колбой установлена спиртовка. Фиксировалась температура через каждые 10 секунд.

Установка собрана, как показано рисунке 20. Образец помещался в поток горючих газов при начальной температуре 20-22 °С. Размер от основания пламени до кубика 160 мм. Высота пламени 80 мм. Основание кубика расположено в плоскости перпендикулярно основанию пламени

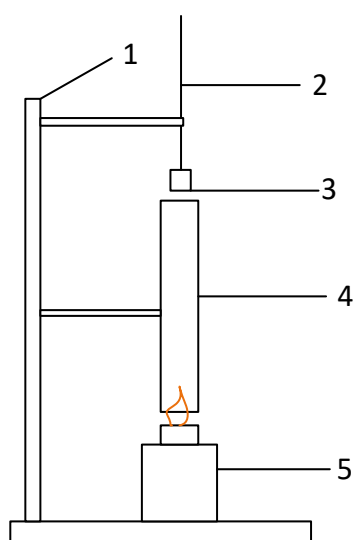


Рисунок 20 – Схема установки

- 1 – штатив; 2 – термопара с прибором регистрации температуры внутри образца;
3 – образец; 4 – кварцевая колба; 5 – источник равномерного горения

Кубики из березовой коры.

Из справочника А.Я. Корольченко пожароопасные характеристики исследуемого образца: Горючее твердое вещество. Образец дисперсерстью менее 100 мкм имеет температура самовоспламенения: аэрогеля 250 °С, аэровзвеси 450 °С.

Результаты отражены на графике (рис. 21). У образца с ребром 8 мм. Было замечено тление при 390 °С, а у образца с ребром 10 мм при 542 °С. Общее время проведения опытов 210 с.

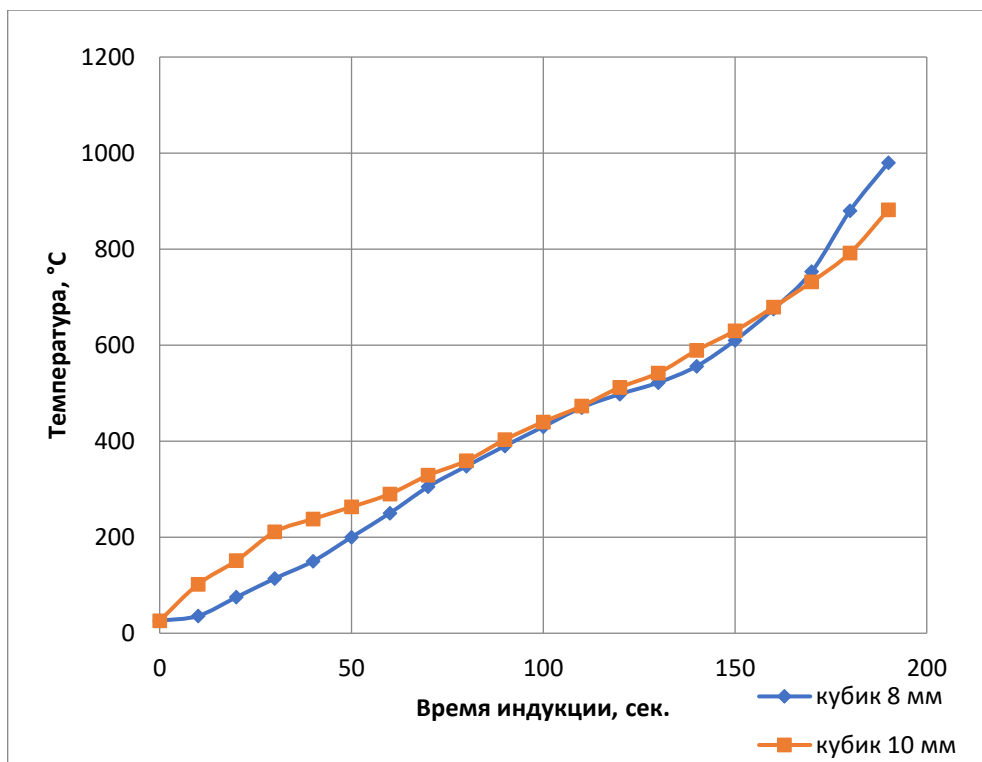


Рисунок 21 – График зависимости роста температуры в центре образца от времени индукции

Ряд 1 – кубик 8 мм. Ряд 2 – кубик 10 мм.

Кора березы или сама береза является одной из самых твердых пород деревьев, т.е. обладает высокой теплопроводностью. Поэтому она легко воспламеняется и дольше горит, данный факт экспериментально подтверждается. В березе содержится большое количество дегтя, который, сгорая, дает высокую теплопроизводительность. Также он обеспечивает интенсивное горение долгое время. Наличие дегтя гарантирует полное сгорание и минимальное количество золы, углей. Так же береза не искрит, что минимизирует распространение искр от костра или очага горения.

Изучение горения цилиндра из ели

Из справочника Корольченко пожароопасные характеристики: температура воспламенения 240 °С, самовоспламенения 380 °С; в измельчённом состоянии склонна к тепловому самовозгоранию; температура самонагревания около 120 °С; температура тления 300 °С.

Для проведения ряда экспериментов был выбран объект цилиндрической формы с двумя характерными признаками: с сучком и без сучка.

Цилиндр из ели с сучком, длиной (l) 10 мм., массой – 0,25 гр., диаметр d=8 мм., термопара установлена в теневой грани – вертикально. Общее время проведения опыта 6,3 мин.

Исходя из рис. 23 видно, что температура равномерно растёт до 457 °С, далее постепенно держится и резко поднимается до 900 °С.

На 20 с. происходит активное выделение воды из образца при температуре 87 °С. На 90 с. (225 °С) образец покрывается черным цветом и выделение воды прекращается. При температуре 470 °С образец начинает тлеть.

На рис. 22 зафиксирован процесс тления образца.

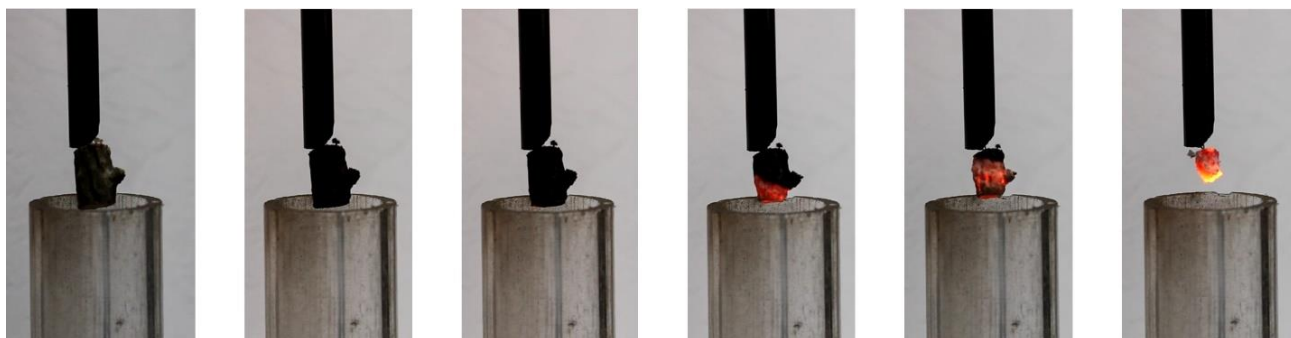


Рисунок 22 – Процесс тления образца с сучком

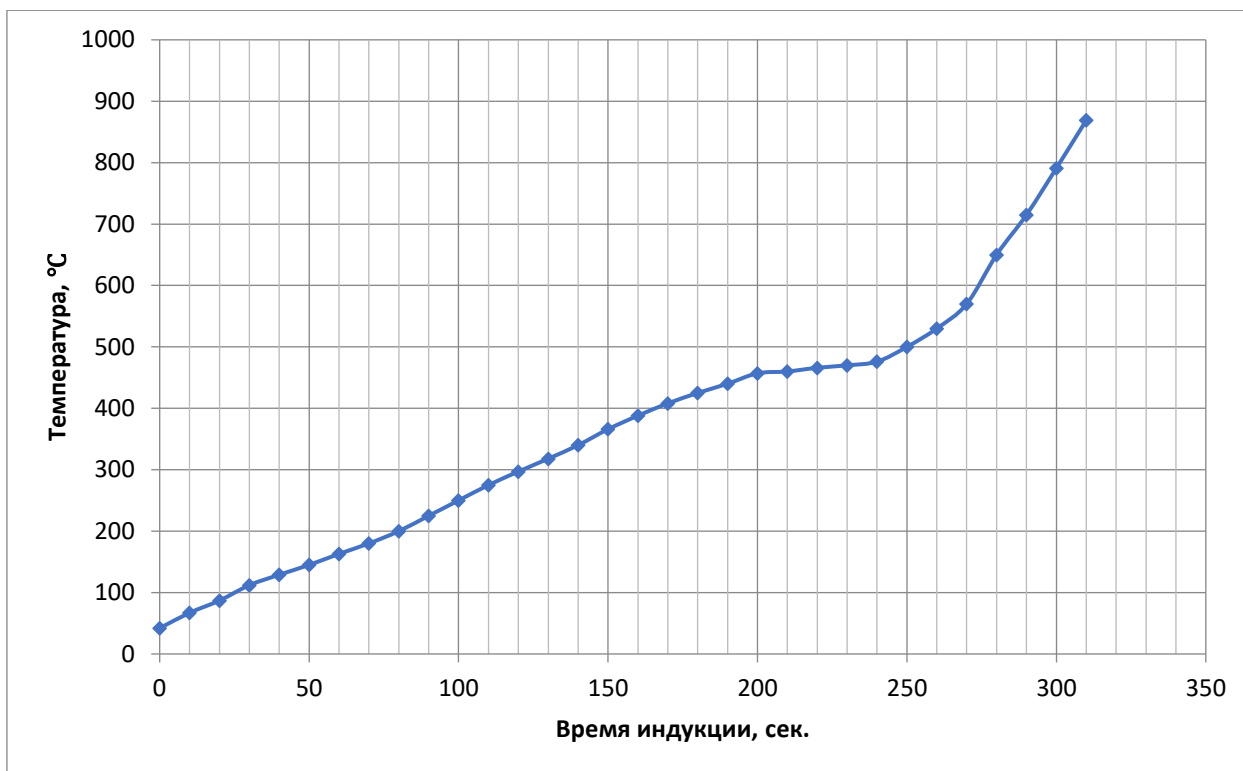


Рисунок 23 – График зависимости роста температуры в центре образца от времени индукции

Цилиндр из ели без сучка, длиной 10 мм, массой – 0,18 г, термопара в теневой грани – вертикально. Общее время проведения опыта 7.14 мин.

На 20 с при температуре 47 °С выделяется вода снизу образца, на 60 с. при температуре 123 °С начинается выделение дыма. При 160 °С выделение воды сверху образца. На 250 с. при температуре 392°С закончилось выделение дыма, а при 430°С зафиксировано тление образца (рис 24.)



Рисунок 24– Процесс тления образца

Анализ кривых, представленных на рисунке 25, показывает, что в первые 150 с образцы нагреваются с одинаковой скоростью до температуры

320 °С. Согласно рис. 25 у них происходит выделение газовой фазы в виде CO_2 и C_nH_m .

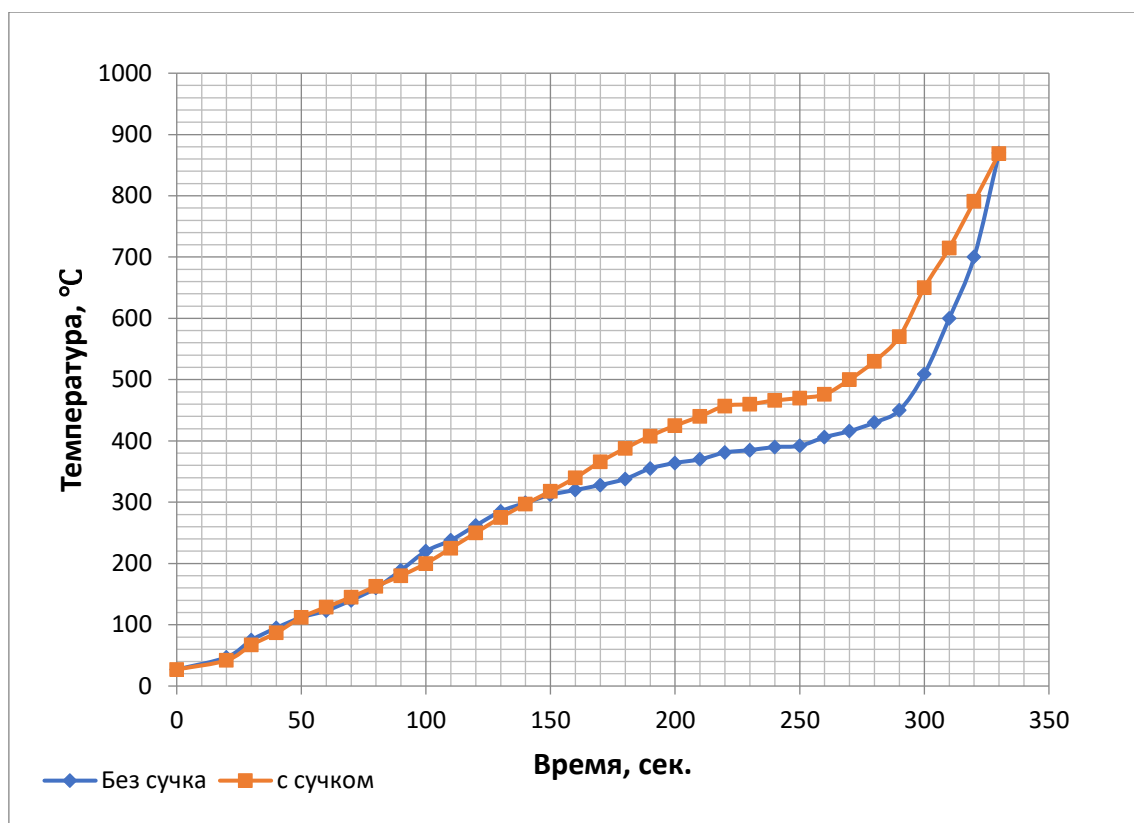


Рисунок 25 – Зависимость повышения температуры образца от времени нахождения в тепловом потоке

Полученные зависимости показали, что образец с сучком будет гореть дольше и способность перемещения его в тепловом потоке на более дальнее расстояние больше.

Цилиндр из сосновой древесины

Из справочника Корольченко пожароопасные характеристики: температура воспламенения 250 °С., т. самовоспламенения 390 °С.; в измельченном состоянии склонна к тепловому самосгоранию; т. тления при самовозгорании 280 °С.

Для проведения опыта была выбрана палочка сосны сухая. Общий вес палочки 9.33 гр., диаметр 11 мм. Палочка распилена на несколько частей.

Образец с сучком: вес 1.08 гр., длина 11 мм. Общее время проведения эксперимента 10 минут.

На 50 с. при температуре 54 °С было зафиксировано выделение дыма. При 100 °С зафиксировали выделение смолы, 120 °С выделение воды сверху образца с интенсивным кипением. При 137 °С тление, при 150 °С произошло загорание образца. На 8 минуте была убрана горелка. По большей части обгорела только кора образца. До полного сгорания необходимо минимум 2-3 минуты.

На рисунке 26 показан процесс тления образца, фотографии сделаны через каждую минуту.

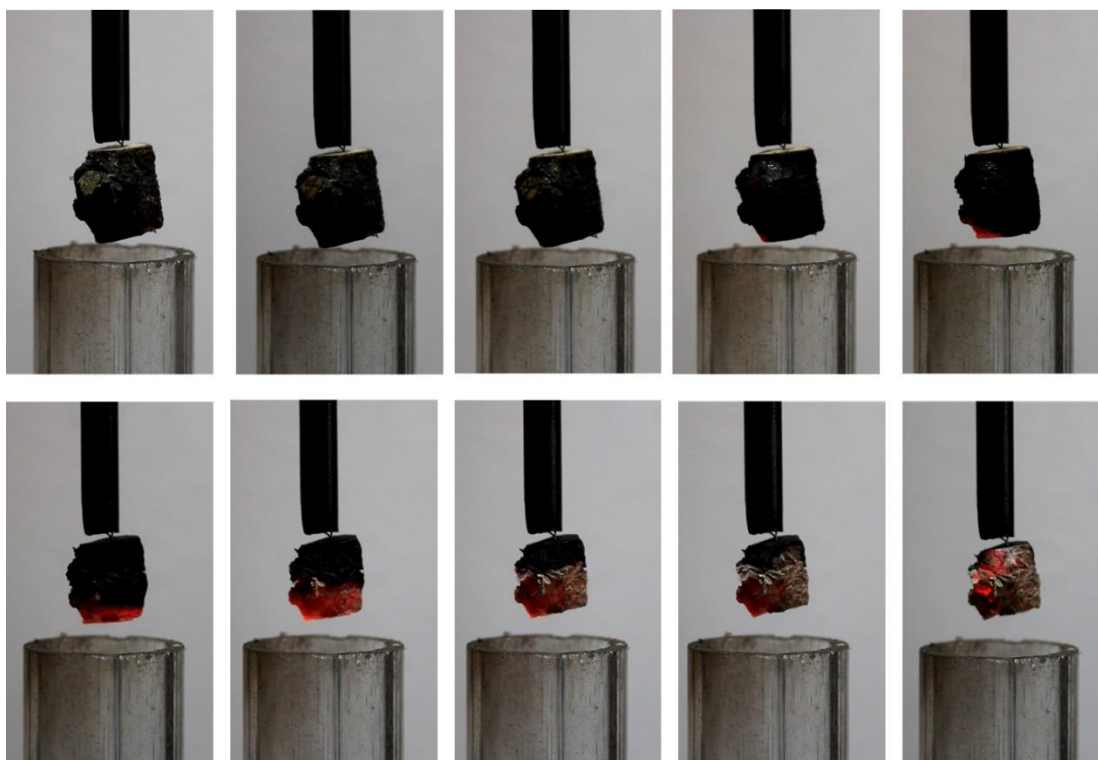


Рисунок 26– Процесс тления образца с сучком

Без сучка: вес 0.82 гр., длина 14 мм., общее время проведения эксперимента составила 10:50 минут.

На 20 с. при 41 °С было зафиксировано выделение дыма, при 98 °С произошло выделение воды и ее закипание. При 190 °С образец начал тлеть. На 6 минуте убрана горелка.

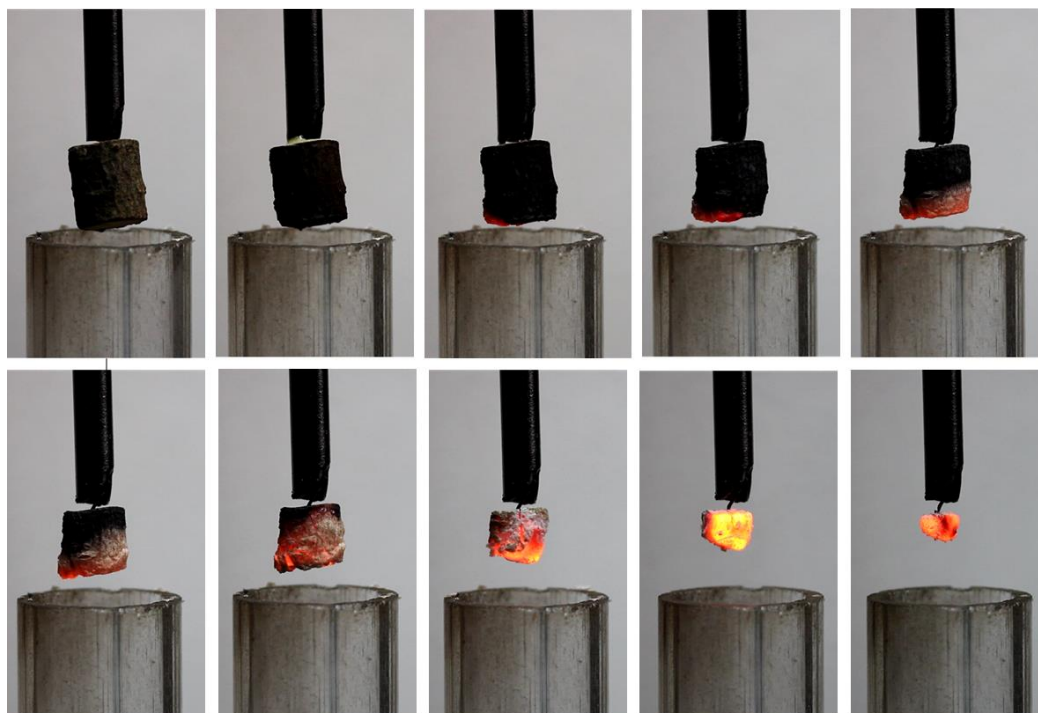


Рисунок 27 – Процесс тления образца

Анализируя две зависимости (рис.28), образец с сучком прогревается до более высоких температур. Он будет дольше гореть, так как плотность у образца с сучком наибольшая, чем у образца без сучка. Т.е. полученные зависимости показали, что образец с сучком будет гореть дольше и способность перенести его на дальнее расстояние больше.

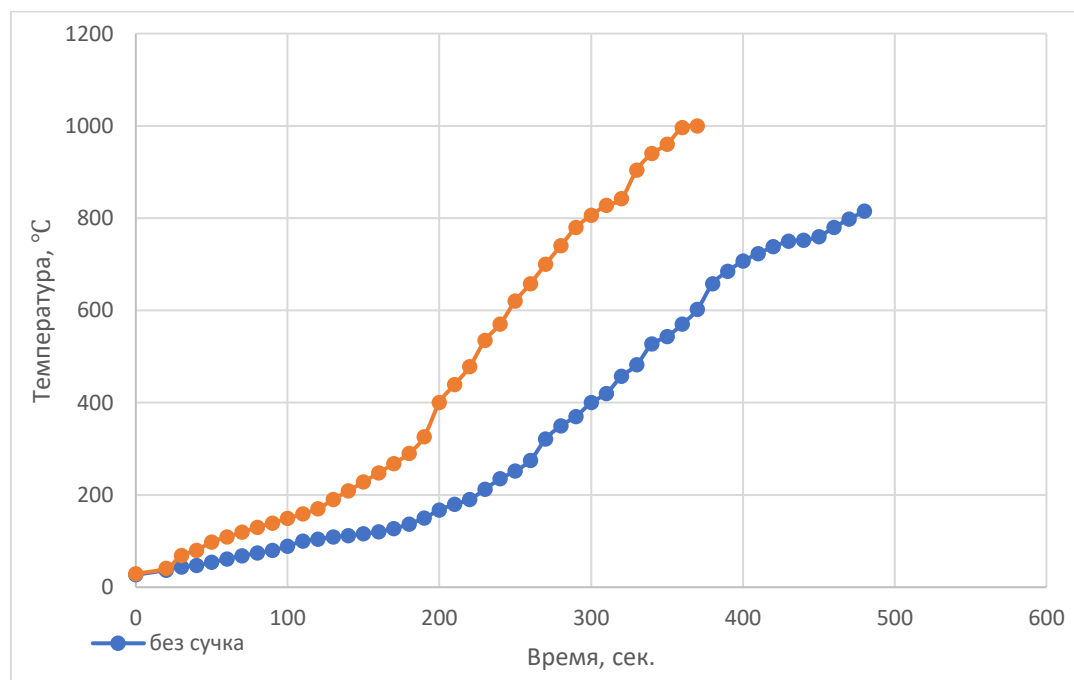


Рисунок 28 – Зависимость повышения температуры образца от времени нахождения в тепловом потоке

В ходе проведения экспериментов было доказано, что при воздействии теплового потока от источника зажигания горючий материал нагревался, затем из него выделялась влага. После испарения влаги материал вновь нагревался до температуры разложения, при этом в атмосферу выделялись летучие продукты, которые смешивались с воздухом. Если мощность источника зажигания была достаточна, то при достижении летучими продуктами разложения концентрации, равной нижнему концентрационному пределу воспламенения, происходило зажигание с возникновением пламенного горения. Если же парогазовоздушная смесь не воспламенялась, то твердое вещество нагревалось с выделением продуктов пиролиза. Если по мере развития пиролиза образовался углистый остаток, то скорость термического распада снижалась.

При определенных условиях возникало гетерогенное горение (тление) углистого остатка, вследствие взаимодействия с кислородом воздуха и с продуктами разложения. Кроме того, от тлеющего углистого остатка происходило воспламенение парогазовоздушной смеси, когда концентрация ее находилась в области воспламенения.

Таким образом, общий процесс воспламенения образца складывается из следующих этапов: стадии нагрева влажного материала, сушки, нагрева сухого материала, газификации и стадии нагрева углеродистого остатка при гетерогенном горении, что подтверждается [16].

Опытным путем установлено следующее:

- в пределах 300 °С находится температура самовозгорания мха-сфагнума;
- наиболее вероятно, что частички хвойных пород деревьев имеющие сучки, попадая в конвекционную колонну, могут подняться, перенестись на расстояние от 200-300 м и явиться источником возникновения нового очага пожара;
- Лиственные породы деревьев без наличия источника огня гореть не будет, т.е. новым источником очага пожара являться не могут.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

3.1. Предпроектный анализ

3.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Выпускная квалификационная работа по теме «Комплексная оценка влияния метеорологических и антропогенных факторов на возникновение и распространение лесных пожаров на примере Западно-сибирского региона» реализуется в рамках научно – исследовательской работы для Главного управления МЧС России по Томской области.

Подобного рода работы по комплексной оценке влияния метеорологических факторов на возникновение и распространение лесных пожаров ранее не проводились. Решением данной проблемы ранее всерьез никто не занимался, поэтому данная выпускная квалификационная работа сможет помочь в предотвращении серьезных последствий при возникновении очагов возгорания в природных ландшафтах.

3.1.2. Анализ конкурентных технических решений

К₁ – традиционная методика расчета рисков вручную

К₂ – предложенная методология, описанная в диссертации

К₃ – традиционная методика расчета рисков с помощью MS Excel

Таблица 7 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}
1	2	4	5	6	7	8	9
<i>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</i>							
1. Удобство в эксплуатации	0,07	2	4	3	0,14	0,28	0,21
2. Надежность	0,15	4	4	4	0,6	0,6	0,6
3. Безопасность	0,11	5	5	4	0,55	0,55	0,44
4. Функционал	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2

5. Наглядность	0,08	3	4	4	0,24	0,32	0,32
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,1	3	5	4	0,3	0,5	0,4
2. Уровень проникновения на рынок	0,08	3	2	3	0,24	0,16	0,24
3. Цена	0,1	3	4	2	0,3	0,4	0,2
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	4	5	4	0,36	0,45	0,36
5. Финансирование научной разработки	0,1	2	4	3	0,2	0,4	0,3
Итого	1,00				3,08	3,86	3,27

Позиция разработки и конкурентов оценивается по каждому показателю экспертным путем по пятибалльной шкале, где 1 – наиболее слабая позиция, а 5 – наиболее сильная. Веса показателей, определяемые экспертным путем, в сумме должны составлять 1.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum V_i \times B_i \quad (1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

V_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Сумма критериев $K_{K1}=3,08$, $K_{K2}=3,86$, $K_{K3}=3,27$, что показывает, что предложенная методология, описанная в диссертации, более конкурентная. Конкурентное преимущество разработки, представленной в дипломной работе

– это надежность, наглядность, а также низкая цена.

3.1.3. Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения).

Для этого необходимо заполнить специальную форму, содержащую показатели о степени проработанности проекта с позиции коммерциализации и компетенциям разработчика научного проекта. Перечень вопросов приведен в таблице 8

Таблица 8 – Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности научного проекта	Уровень имеющихся знаний у разработчика
1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	4	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	5	4
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	4	4
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	3	3
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	4	4
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	3	3
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	4	4
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный рынок	3	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки, получения льгот	4	3
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	3	3
14.	Имеется команда для Коммерциализации научной разработки	4	3
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	4	4
	ИТОГО БАЛЛОВ	55	51

$B_{\text{сум}} = \sum B_i$, из полученных значений, приведенных в таблице, можно сделать вывод, что перспективность выше среднего.

3.1.4. Методы коммерциализации результатов научно-технического исследования

Для предложенной разработки были проанализированы методы коммерциализации и выбран такой метод как инжиниринг. Инжиниринг как самостоятельный вид коммерческих операций предполагает предоставление на основе договора инжиниринга одной стороной, именуемой консультантом, другой стороне, именуемой заказчиком, комплекса или отдельных видов инженерно-технических услуг, связанных с проектированием, строительством и вводом объекта в эксплуатацию, с разработкой новых технологических процессов на предприятии заказчика, усовершенствованием имеющихся производственных процессов вплоть до внедрения изделия в производство и даже сбыта продукции.

3.2. Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы. Определяются внутренние и внешние заинтересованные стороны проекта, которые взаимодействуют и влияют на общий результат научного проекта.

3.2.1. Цели и результат проекта

В таблице 9 представлены заинтересованные стороны проекта и ожидания заинтересованных сторон.

Таблица 9 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
ГУ МЧС России по Томской области	Комплексная оценка влияния метеорологических и антропогенных факторов на возникновение и распространение лесных пожаров на примере Западно – Сибирского региона.

Информация об иерархии целей проекта и критериях достижения целей представлена в таблице 10.

Таблица 10 – Цели и результат проекта

Цели проекта	Провести комплексную оценку влияния метеорологических и антропогенных факторов на возникновение и распространение лесных пожаров на примере Западно – Сибирского региона.
Ожидаемые результаты проекта	Проведена комплексная оценка влияния метеорологических и антропогенных факторов на возникновение и распространение лесных пожаров на примере Западно – Сибирского региона.
Критерии приемки результата проекта	Удобство методики в эксплуатации, большой спрос на проект.
Требования к результату проекта	Выполнение проекта в срок
	Эффективность расчетов
	Удобство методики в эксплуатации
	Спрос на проект

3.2.2. Организационная структура проекта

Организационная структура проекта представлена в таблице 11

Таблица 11 – Рабочая группа проекта

№	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Задорожная Татьяна Анатольевна	Руководитель проекта	Отвечает за реализацию проекта. Координирование деятельности	80
2	Рекичинская Анастасия Михайловна	Исполнитель проекта	Работа над реализацией проекта	400
Итого:				480

В ходе реализации научного проекта, помимо магистранта задействован руководитель магистерской диссертации.

3.2.3. Ограничения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» – параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованы в рамках данного проекта. Факторы, ограничения и допущения представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Ограничение проекта

Фактор	Ограничения/допущения
Бюджет проекта	Отсутствует
Источник финансирования	Не нуждается в финансировании
Сроки проекта	С 1.02.22 – 1.06.22 г.

3.3. Планирование научно-исследовательских работ

3.3.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл.13.

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор темы, постановка цели и задач	Руководитель
	2	Составление предварительного плана	Руководитель
Теоретическая подготовка	3	Подбор и первоначальное ознакомление с литературой по теме работы	Инженер
	4	Изучение и выбор метода исследований	Инженер
	5	Написание теоретической части	Инженер
Проведение расчетов и их анализ	6	Проведение расчетно-экспериментальной части, опыт №1	Руководитель, Инженер
	7	Проведение расчетно-экспериментальной части, опыт №2	Руководитель, Инженер
	8	Оценка и анализ полученных результатов	Руководитель, Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Оформление итогового варианта диссертации	Инженер

	10	Согласование и проверка работы с научным руководителем	Руководитель, Инженер
--	----	--	--------------------------

Таким образом, выделили основные этапы работ и их содержание, а также исполнителей, выполняющие данные работы.

3.3.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко–днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

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

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

t_{mini} – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

t_{maxi} – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями:

$$T_{pi} = \frac{T_{ожі}}{Ч_i} \quad (3)$$

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

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

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

3.3.3. Разработка графика проведения научного исследования

При планировании работы относительно временных затрат наиболее наглядным для небольшого проекта является построение диаграммы Ганта.

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

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}} \quad (4)$$

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

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

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

Коэффициент календарности определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22, \quad (5)$$

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.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения представлены в таблице 14 и 15.

Таблица 14 – Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ож\ i}$, чел-дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Выбор темы выпускной квалификационной работы	1	1	1	3	3	3	2	2	2	Руководитель	2	2	2	2	2	2
Составление календарного плана написания выпускной квалификационной работы	2	2	2	4	4	4	3	3	3	Руководитель, инженер	1	1	1	1	1	1
Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	7	6	6	14	12	12	10	8	8	Руководитель, инженер	5	4	4	7	6	6
Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения выпускной квалификационной работы	10	10	10	15	15	15	12	12	12	Инженер	12	12	12	18	18	18
Написание теоретической части выпускной квалификационной работы	13	13	13	19	19	19	15	15	15	Инженер	15	15	15	22	22	22
Подведение промежуточных итогов выпускной квалификационной работы	6	5	5	12	10	10	8	7	7	Руководитель, инженер	4	3	3	6	4	4
Выполнение практической части выпускной квалификационной работы	9	9	9	16	16	16	12	12	12	Инженер	12	12	12	18	18	18
Анализ полученных результатов	14	14	14	17	17	17	15	15	15	Инженер	15	15	15	22	22	22
Подведение итогов выпускной квалификационной работы	2	1	2	5	3	4	3	2	3	Руководитель, инженер	2	1	2	3	1	3
Согласование и проверка работ с научным руководителем	2	2	2	10	10	10	5	5	5	Руководитель, инженер	2	2	2	3	3	3

Таблица 15–Календарный план-график проведения ВКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	Т _к , кал.дн	Продолжительность работ												
				Февраль		Март			Апрель			Май			Июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Выбор темы выпускной квалификационной работы	Руководитель	2	■												
2	Составление календарного плана написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер	1		■											
3	Подбор литературы для написания выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер	7		■	■										
4	Изучение, анализ, систематизация информации для выполнения выпускной квалификационной работы	Инженер	18			■	■	■								
5	Написание теоретической части выпускной квалификационной работы	Инженер	22					■	■	■						
6	Подведение промежуточных итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер	6								■	■				
7	Выполнение практической части выпускной квалификационной работы	Инженер	18								■	■	■			
8	Анализ полученных результатов	Инженер	22										■	■	■	
9	Подведение итогов выпускной квалификационной работы	Руководитель, инженер	3												■	■
10	Согласование и проверка работ с научным руководителем	Руководитель, инженер	3												■	■

■ – Руководитель

■ – Инженер

3.3.4. Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования, необходимого для проведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене. При приобретении спецоборудования необходимо учесть затраты по его доставке и монтажу в размере 15 процентов от его цены. Расчет затрат по данной статье представлен в таблице 16.

Таблица 16 - Расчет бюджета затрат на специальное оборудование

	Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., тыс. руб.	Затраты на материалы, (4м), тыс. руб.	Итого, тыс. руб.
Исп. 1	ПК	шт.	1	60	60	64
	Установка программного обеспечения (Microsoft office)	шт.	1	4	4	
Исп. 2	ПК	шт.	1	60	60	66
	Установка программного обеспечения (Statistika)	шт.	1	6	6	
Исп. 3	ПК	шт.	1	60	60	70
	Установка программного обеспечения (Mathcad)	шт.	1	10	10	

3.3.5. Основная заработная плата исполнителей

В настоящую статью включается основная заработная плата работников, непосредственно участвующих в выполнении работ. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ, действующей системы окладов и тарифных ставок. В данном исследовании необходимо рассчитать основную заработную плату научного руководителя и инженера.

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату и рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}} \quad (6)$$

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

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

Основная заработная плата руководителя рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} * T_p \quad (7)$$

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m * M}{F_d} \quad (8)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня $M = 11,2$ месяца, 5–дневная неделя;

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.

Баланс рабочего времени представлен в таблице 17.

Таблица 17 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	251	223

Месячный должностной оклад работника (руководителя):

$$Z_m = Z_b * k_p \quad (9)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

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

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда. Отраслевая система оплаты труда в ТПУ предполагает следующий состав заработной платы:

1) оклад – определяется предприятием. В ТПУ оклады распределены в соответствии с занимаемыми должностями, например, ассистент, ст. преподаватель, доцент, профессор. Базовый оклад определяется исходя из размеров окладов, определенных штатным расписанием предприятия. Размер окладов ППС и НС ТПУ представлен на корпоративном портале ТПУ.

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

3) иные выплаты; районный коэффициент.

Расчёт основной заработной платы приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Z_b , руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Научный руководитель	45 000	1,3	58 500	2 424	10	24 240
Инженер	17 000	1,3	22 100	1 031	102	105 162
Итого						129 402

3.3.6. Расчет дополнительной заработной платы

Дополнительная заработная плата учитывает величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы рассчитывается по формуле:

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

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

$$Z_{\text{доп.студента}} = 105\,162 * 0,15 = 15\,774 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп.руководителя}} = 24\,240 * 0,15 = 3\,636 \text{ руб.}$$

3.3.7. Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из формулы:

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

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

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Научный руководитель	Инженер
Основная заработная плата, руб.	24 240	105 162
Дополнительная заработная плата, руб.	3 636	15 774
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,3	
Итого	8 363	36 281

3.3.8. Накладные расходы

В эту статью включаются затраты на управление и хозяйственное обслуживание, которые могут быть отнесены непосредственно на конкретную тему. Кроме того, сюда относятся расходы по содержанию, эксплуатации и ремонту оборудования, производственного инструмента и инвентаря, зданий, сооружений и др.

Накладные расходы составляют 16 % от суммы основной и дополнительной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы.

Расчет накладных расходов ведется по следующей формуле:

$$C_{\text{накл}} = k_{\text{накл}} * (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (12)$$

где $k_{\text{накл}}$ – коэффициент накладных расходов.

$$C_{\text{накл. руководителя}} = 0,16 * (24\ 240 + 3\ 636) = 4\ 460 \text{ руб.}$$

$$C_{\text{накл. студента}} = 0,16 * (105\ 162 + 15\ 774) = 19\ 350 \text{ руб.}$$

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат была составлена калькуляция плановой себестоимости ВКР (табл. 20)

Таблица 20 – Группировка затрат по статьям

Затраты по статьям								
	Участник проекта	Сырье, материалы (за вычетом возвратных отходов), покупные изделия и полуфабрикаты	Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Накладные расходы	Итого плановая себестоимость
Исп.1	1. Рук-ль	-	-	24 240	3 636	8 363	4 460	282 566
	2. Инженер	1300	64 000	105 162	15 774	36 281	19 350	
Исп. 2	1. Рук-ль	-	-	24 240	3 636	8 363	4 460	284 196
	2. Инженер	930	66 000	105 162	15 774	36 281	19 350	
Исп.3	1. Рук-ль	-	-	24 240	3 636	8 363	4 460	288 366
	2. Инженер	1100	70 000	105 162	15 774	36 281	19 350	

3.3.9. Оценка ресурсоэффективности проекта.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его

нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования определяется как:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (13)$$

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

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

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

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{282566}{288366} = 0,98; I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{284196}{288366} = 0,99; I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{288366}{288366} = 1$$

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

$$I_{pi} = \sum_{i=1}^n a_i \times b_i \quad (14)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

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

n – число параметров сравнения.

Таблица 21 – Сравнительная эффективность проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Полнота оценки эффективности	0,25	5	4	4
2. Удобство в применении	0,15	5	3	5
3. Наглядность	0,15	5	5	3
4. Интерфейс	0,2	4	4	4
5. Функционал	0,25	5	5	4
Итого	1	24	21	20

$$I_{p-исп1} = 0,25 \times 5 + 0,15 \times 5 + 0,15 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,25 \times 5 = 4,8;$$

$$I_{p-исп2} = 0,25 \times 4 + 0,15 \times 3 + 0,15 \times 5 + 0,2 \times 4 + 0,25 \times 5 = 4,3.$$

$$I_{p-исп3} = 0,25 \times 4 + 0,15 \times 5 + 0,15 \times 3 + 0,2 \times 4 + 0,25 \times 4 = 4,0.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}^{исп1}} = \frac{4,8}{0,98} = 4,9;$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}^{исп2}} = \frac{4,3}{0,99} = 4,3;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}^{исп3}} = \frac{4,0}{1} = 4,0$$
(15)

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{ср}$):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп1}} \quad (16)$$

Таблица 22 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,98	0,99	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,8	4,3	4,0
3	Интегральный показатель эффективности	4,9	4,3	4,0
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,88	0,82

Сравнив значения интегральных показателей эффективности, можно сделать вывод, что реализация в первом исполнении является более эффективным вариантом решения задачи, поставленной в данной работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

4. Социальная ответственность

Введение

На сегодняшний день пожары в лесном массиве являются одной из главных проблем для человечества и всей окружающей среды. Они несут огромный материальный и экологический ущерб для населения, проживающего вблизи лесных массивов. Именно поэтому необходимо вести контроль и наблюдение за данным стихийным бедствием. В работе была проведена комплексная оценка влияния метеорологических и антропогенных факторов на возникновение и распространение лесных пожаров на примере Западно – Сибирского региона.

Объектом исследования является лесная растительность (мох, кора лиственных деревьев, дерево хвойных пород). Работа проводилась в лаборатории 008 8 корпуса ТПУ.

В ходе работы были использованы: модульная установка для для определения возможных режимов воспламенения лесного горючего материала (ЛГМ) и изучение времени горения частиц ЛГМ; персональный компьютер для проведения расчетов и построения графиков. Раздел включает в себя СУОТ на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

4.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Основными законодательными актами, регулирующими вопросы обеспечения безопасности труда, являются Конституция РФ, Трудовой кодекс РФ №197-ФЗ от 30.12.2001, многочисленные санитарные правила и нормы, стандарты безопасности труда и методические рекомендации.

Согласно статье 37 Конституции РФ, каждый гражданин имеет право на реализацию рабочего труда в условиях, отвечающих регламентированным нормам безопасности и гигиены.

В рамках работ, приуроченных к выполнению магистерской диссертации на лаборатории в 8 корпусе Томского политехнического

университета, проводились опыты по определению возможных режимов воспламенения лесного горючего материала (ЛГМ) и изучение времени горения частиц ЛГМ. На камеральном этапе работ осуществлялась обработка результатов анализа и оформление данных в виде таблиц и графиков во время работы с ПЭВМ. Требования к организации работ с ПЭВМ изложены в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [29].

Все работы выполнялась в сидячем положении. Эргономические требования по организации рабочего места при выполнении работ сидя определяются стандартом ГОСТ 12.2.032-78. Рабочее место, согласно этому стандарту, должно соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям.

В рабочем помещении должны поддерживаться в оптимальном состоянии параметры микроклимата для достижения максимально комфортной обстановки и сохранения здоровья работников. Требования к микроклимату в рабочем помещении регламентирует СанПиН 2.2.4.548-96 [30].

4.1.1. Отклонение показателей микроклимата

Работа лаборанта относится к категории работ I_a (интенсивность энергозатрат до 120 ккал/час (139Вт), это работы сидя с незначительным физическим напряжением). Оптимальные и допустимые показатели микроклимата, соответствующие данной категории работ [31], можно выделить в таблице 23– 24.

Для создания и автоматического поддержания в аудитории 008, 8 корпуса ТПУ 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. Кондиционер представляет собой вентиляционную установку, которая с помощью приборов автоматического

регулирующая поддерживает в помещении заданные параметры воздушной среды.

Таблица 23 – Оптимальные величины показателей микроклимата

Период года	Категория тяжести работ, Вт	Температура воздуха, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	60-40	0,1
Теплый		23-25	60-40	0,1

Таблица 24 – Допустимые величины показателей микроклимата

Период года	Категория тяжести работ, Вт	Скорость движения воздуха, м/с		Относительная влажность воздуха, %
		для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур воздуха выше оптимальных величин, не более	
Холодный	Ia (до 139)	0,1	0,2	15-75
Теплый		0,1	0,3	15-75

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата на организм человека в случаях возможного выхода фактических параметров за границы допустимых, необходимо применять меры защиты – системы местного кондиционирования воздуха, обогреватели, использование СИЗ - спецодежды, спецобуви, головных уборов, средств защиты рук, а также введение регламента работы. В производственных помещениях, где невозможно приведение фактических параметров к допустимым, рабочие места следует рассматривать как вредные. Для вентилирования помещений обычно используют приточно-вытяжные установки. В качестве нагревательных приборов применяют радиаторы, конвекторы, отопительные панели, ребристые трубы. Для повышения влажности воздуха в помещении следует применять увлажнители воздуха. Согласно [32] микроклимат в аудитории 008, 8 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

4.1.2. Повышенный уровень шума на рабочем месте

Шум является общебиологическим раздражителем и в определенных условиях может влиять на органы и системы организма человека. Основными источниками шума могут быть как сами компьютеры, так и другие источники. Например, кондиционер, принтер, светильники, а также шум, проникающий через открытые окна и двери. В результате неблагоприятного воздействия шума на работающего человека происходит снижение производительности труда, увеличивается брак при работе с программным обеспечением, создаются предпосылки к возникновению несчастных случаев. Различные виды шумов нормируются разными величинами. Для постоянного шума нормируются уровни звукового давления в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц, для прерывистого и импульсного, а также для непостоянного шума – эквивалентные уровни звукового давления для тех же октавных полос. Нормативными документами являются ГОСТ 12.1.003- 2014 «Шум. Общие требования безопасности» [33].

Мероприятиями по шумоглушению могут быть звукоизолирующие отделки, шумоглушители для вентиляций, отопления, кондиционирования воздуха, а также применение шумозащитных экранов, которые создают препятствие на пути волн звука, не давая им распространяться. Материалы, из которых делают шумозащитные экраны: акрил, разные виды композитных материалов, монолитный поликарбонат. Если шум от компьютера, то нужно провести своевременную чистку системного блока от пыли и стараться не перегружать компьютер. При возникновении недопустимого уровня шума необходимо выполнить меры либо по ограничению распространения шума, либо по ограничению воздействия его на людей. Согласно ПДУ для шума составляет 82 дБ.

Мероприятия по шумопоглощению можно еще разделить на несколько групп. К первой группе мероприятий относятся различные короба, щиты, кожухи, установленные на оборудовании, изменение технологии или

конструкции. Необходимо своевременно проверять и смазывать механизмы. Которой группе относятся, в первую очередь, коллективные средства защиты – устройство звукоизоляции, защита расстоянием, архитектурно-планировочные изменения. Если иными средствами уменьшить воздействие шума не удастся, необходимо использовать индивидуальные средства защиты – наушники, беруши, шлемы.

4.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источники электромагнитного излучения, с которыми мы взаимодействуем длительное время, являются самыми опасными. Проблема электромагнитного излучения ПК, то есть воздействие компьютера на организм человека, встает достаточно остро ввиду нескольких причин:

- Компьютер имеет сразу два источника электромагнитного излучения (монитор и системный блок);
- Пользователь ПК чаще всего лишен возможности работать на безопасном расстоянии;
- Длительное время влияния компьютера (для современных пользователей может составлять более 12 часов, при официальных нормах, запрещающих работать на компьютере более 3 часов в день);
- При работе с ПК через каждый час следует делать перерыв на 10-15 минут. Электромагнитное поле, создаваемое персональным компьютером, имеет сложный спектральный состав в диапазоне частот от 0 Гц до 1000 МГц, и в том числе мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана при любых положениях ПК не должна превышать 100 мкР/ч [34].

Таблица 25 – Предельно допустимые уровни облучения

Напряженность	Время контакта
10 мкРВт/см ²	8 часов
10-100 мкРВт/см ²	Не более 2-х часов
100-1000 мкРВт/см ²	Не более 20 минут

В зависимости от условий облучения, характера и места нахождения источников ЭМИ могут быть применены различные средства и методы защиты, такие как:

СКЗ

- защита временем;
- защита расстоянием;
- экранирование источника излучения;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- экранирование рабочих мест;

СИЗ

Очки и специальная одежда, выполненная из металлизированной ткани (кольчуга). При этом следует отметить, что использование СИЗ возможно при кратковременных работах и является мерой аварийного характера. Ежедневная защита обслуживающего персонала должна обеспечиваться другими средствами.

4.1.4. Поражение электрическим током

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ЭВМ в аудитории 008, 8 корпуса ТПУ, оборудование должно быть оснащено защитным заземлением, занулением в соответствии с техническими требованиями по эксплуатации [35].

В лаборатории применяются данные меры защиты от поражения эл.током:

- Изоляция токоведущих частей;
- Применение защитных ограждений.

Для предупреждения электротравматизма необходимо проводить соответствующие организационные и технические мероприятия:

1. оформление работы нарядом или устным распоряжением;
2. проведение инструктажей и допуск к работе;

3. надзор во время работы.

Уровень напряжения для питания ЭВМ в данной аудитории 220 В, для серверного оборудования 380 В. По опасности поражения электрическим током помещение 008, 8 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%).

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

1. прикосновение к токоведущим частям электроустановки, находящейся под напряжением;
2. прикосновение к металлическим конструкциям электроустановок, находящимся под напряжением;
3. ошибочное включение электроустановки или несогласованных действий обслуживающего персонала;
4. поражение шаговым напряжением и др.

Средствами коллективной защиты являются, согласно ПУЭ:

- защитное заземление [36].
- автоматическое отключение питания
- устройства защитного отключения,
- изолирующие электрозащитные средства,
- знаки и плакаты безопасности.

СИЗ:

- Использование диэлектрических перчаток;
- Использование изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками, указатели величины напряжения, калоши, боты, подставки и коврики.

Наличие таких средств защиты предусмотрено в рабочей зоне. В целях профилактики периодически проводится инструктаж работников по технике безопасности. Не следует размещать рабочие места с ЭВМ вблизи силовых

кабелей, технологического оборудования, создающего помехи в работе ЭВМ [37].

4.2. Освещенность

Недостаточное освещение рабочего места затрудняет выполнение работы, вызывает утомление, увеличивает риск производственного травматизма. Длительное пребывание в условиях недостаточного освещения сопровождается снижением интенсивности обмена веществ в организме, ослаблением его реактивности, способствует развитию близорукости. К таким же последствиям приводит работа при ограниченном спектральном составе света и монотонном режиме освещения. Излишне яркий свет слепит, снижает зрительные функции, приводит к перевозбуждению нервной системы, уменьшает работоспособность, а при чрезмерной яркости может вызвать фотоожоги глаз и кожи, катаракты и другие нарушения зрения.

Освещенность при работе с персональным компьютером должна быть 300-500 Лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1-5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1. Коэффициент пульсации не должен превышать 5%. Для исключения бликов отражений в экране светильников общего освещения рабочий стол с компьютером следует размещать между рядами светильников. При этом светильники должны быть расположены параллельно горизонтальной линии взгляда работающего. При рядном размещении рабочих столов не допускается расположение экранов дисплеев навстречу друг другу из-за их взаимного отражения, в противном случае между столами следует устанавливать перегородки. Нормирование параметров освещенности в необходимо осуществлять при помощи двух документов - СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

«Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий», который определяет наименьшую освещенность рабочих поверхностей в зависимости от вида производимой деятельности и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [38], который нормирует параметры при работе за компьютером.

4.2.1. Расчет искусственного освещения

С точки зрения экологичности, безопасности и эргономичности, следует использовать люминесцентные лампы для организации общего освещения, а для местного – светодиодные или люминесцентные. Произведем расчет освещения для аудитории 008 8 корпуса ТПУ. Размеры помещения: А (длина) – 6500 мм, В (ширина) – 6000 мм, h (высота) – 4000 мм. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 800$ мм. Расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 500$ мм. Расположение светильников отражено на рисунке 29.

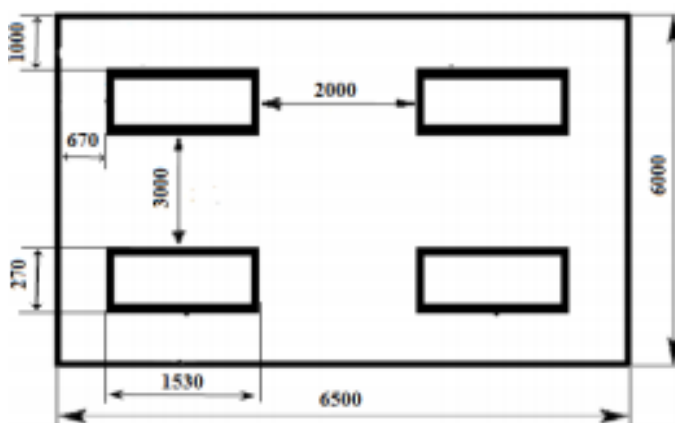


Рисунок 29 – Расположение светильников в помещении

Коэффициент запаса, учитывающий загрязнение светильника, для помещений с малым выделением пыли равен $K_3=1,5$. Коэффициент неравномерности для люминесцентных ламп $Z= 1,1$. Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОД-2-80. Этот светильник имеет две лампы мощностью 80 Вт каждая, длина светильника равна 1530 мм, ширина – 270 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой равная 1,4.

Расчет светового потока лампы определяется по формуле:

$$\Phi_{л} = \frac{E_{н} * S * K_{з} * Z}{\eta * N}$$

Φ – световой поток, Лм

$E_{н}$ – нормированная минимальная освещенность, Лк;

S – площадь помещения, м²

$K_{з}$ - коэффициент запаса;

Z – коэффициент неравномерности (для люминесцентных ламп = 1,1);

N – число ламп в помещении;

η – коэффициент использования светового потока/

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 4 - 0,8 - 0,5 = 2,7 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda * h = 1,4 * 2,7 = 3,8 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$N_b = \frac{B}{L} = \frac{6}{3,8} \approx 2 \text{ шт.}$$

Число светильников в ряду:

$$N_a = \frac{A}{L} = \frac{6,5}{3,8} \approx 2 \text{ шт.}$$

Общее число светильников:

$$N = N_a * N_b = 2 * 2 = 4 \text{ шт.}$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены определяется по формуле:

$$6500 = 2 * 1530 + L_1 + \frac{2}{3} * L_1$$

$$L_1 = 2,02$$

$$l_1 = \frac{L_1}{3} = \frac{2,02}{3} \approx 0,67 \text{ м.}$$

$$600 = 2 * 270 + L_2 + \frac{2}{3} * L_2$$

$$L_2 = 3$$

$$l_2 = \frac{L_2}{3} = \frac{3}{3} \approx 1 \text{ м}$$

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A * B}{h * (A + B)} = \frac{6,5 * 6}{2,7 * (6,5 + 6)} = 1,8$$

Коэффициент использования светового потока, показывающий какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность, для светильников типа ОДОР с люминесцентными лампами при $\rho_{\text{п}} = 70\%$, $\rho_{\text{с}} = 50\%$ и индексе помещения $i = 1,08$ равен $\eta = 0,5$. Количество ламп в 4 светильниках – 8.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{п}} = \frac{E * A * B * K_3 * Z}{n * N} = \frac{300 * 6,5 * 6 * 1,5 * 1,1}{8 * 0,4} = 4826,25 \text{ лм}$$

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{лд}} * \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} * 100\% \leq 20\%$$

$$\frac{\Phi_{\text{лд}} * \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} * 100\% = \frac{5200 - 4826,25}{5200} * 100\% = 7,1\%$$

Делаем проверку выполнения условия:

Таким образом: $-10\% \leq 7,1\% \leq 20\%$, необходимый световой поток светильника не выходит за пределы требуемого диапазона.

4.3. Пожарная опасность

Изучая НПБ 105-03 по взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1-В4, Г и Д, а здания на категории А, Б, В, Г и Д.

Аудитория 008 8 корпуса ТПУ относится к категории В-Горючие материалы в холодном состоянии (столы, стулья, шкафы, бумага). По степени огнестойкости данное помещение сделано из кирпича, относится к 1-й степени огнестойкости.

При проведении исследований наиболее вероятной является возникновение пожара в помещении 008, 8 корпуса ТПУ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

Основные источники возникновения пожара:

- Неисправное электрооборудование, неисправности в проводке, розетках и выключателях. Для исключения возникновения пожара по этим причинам необходимо вовремя выявлять и устранять неполадки, а также проводить плановый осмотр электрооборудования.
- Электрические приборы с дефектами. Профилактика пожара включает в себя своевременный и качественный ремонт электроприборов.
- Перегрузка в электроэнергетической системе (ЭЭС) и короткое замыкание в электроустановке.

Под пожарной профилактикой понимается обучение пожарной технике безопасности и комплекс мероприятий, направленных на предупреждение пожаров.

Пожарная безопасность обеспечивается комплексом мероприятий:

- обучение, в т.ч. распространение знаний о пожаробезопасном поведении (о необходимости установки домашних индикаторов задымленности и хранения зажигалок и спичек в местах, недоступных детям);
- пожарный надзор, предусматривающий разработку государственных норм пожарной безопасности и строительных норм, а также проверку их выполнения;

- обеспечение оборудованием и технические разработки (установка переносных огнетушителей и изготовление зажигалок безопасного пользования).

В соответствии с ТР «О требованиях пожарной безопасности» для административного жилого здания требуется устройство внутреннего противопожарного водопровода [36].

«Проектирование систем оповещения людей о пожаре в зданиях и сооружениях» для оповещения о возникновении пожара в каждом помещении должны быть установлены дымовые оптикоэлектронные автономные пожарные извещатели, а оповещение о пожаре должно осуществляться подачей звуковых и световых сигналов во все помещения с постоянным или временным пребыванием людей.

Аудитория 008, 8 корпуса ТПУ оснащена первичными средствами пожаротушения: огнетушителями ОУ-3 1шт. (предназначены для тушения любых материалов, предметов и веществ, применяется для тушения ПК и оргтехники, класс пожаров А, Е.).

В корпусе 8 ТПУ имеется пожарная автоматика, сигнализация. В случае возникновения загорания необходимо обесточить электрооборудование, отключить систему вентиляции, принять меры тушения (на начальной стадии) и обеспечить срочную эвакуацию студентов и сотрудников в соответствии с планом эвакуации (рис.30).



Рисунок 30 – План эвакуации на случай ЧС

4.4. Экологическая безопасность

Переработка компьютерной техники - особенно актуальная проблема для бюджетных учреждений. Вышедшие из строя компьютеры и оргтехнику нельзя просто вывезти за пределы предприятия, поскольку они находятся на балансе и относятся к основным средствам. Кроме того, материнские платы и другие компоненты содержат драгоценные металлы, которые по закону обязательно должны быть учтены и проведены через бухгалтерию. Лучшее решение в данном случае — утилизация оборудования.

Для передачи оргтехники специализированной организации, которая отправит ее на переработку, необходимо оформить акт списания. Опытные специалисты в составе комиссии выполняют оценку морального и технического состояния компьютеров, принимают решение о непригодности для дальнейшей эксплуатации и оформляют необходимую документацию. После этого осуществляется вывоз и утилизация мониторов, принтеров, источников бесперебойного питания и др. Ценные металлы и сырье, пригодное для повторного использования, отправляют на переплавку на специальные заводы. Переработка неисправной компьютерной техники позволяет избежать загрязнения окружающей среды токсичными отходами и вернуть в оборот некоторое количество серебра, золота, платины, палладия и других ценных элементов.

Также существуют определенные стандарты, которые нужно соблюдать при сортировке и 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, использованная бумажная продукция собирается и отсортировывается, доставляется в соответствующие перерабатывающие предприятия.

Люминесцентные лампы считаются экономичными и энергосберегающими, что, несомненно, является плюсом, поскольку

массовое использование энергосберегающих ламп несколько снизит потребность в электроэнергии, но, с другой стороны, в люминесцентных лампах используется ртуть, что переводит отработанные лампы из обычных отходов в опасные, требующие специальной утилизации. Не работающие лампы немедленно после удаления из светильника должны быть упакованы в картонную коробку, бумагу или тонкий мягкий картон, предохраняющий лампы от взаимного соприкосновения и случайного механического повреждения. Недопустимо выбрасывать отработанные энергосберегающие лампы вместе с обычным мусором, превращая его в ртутьсодержащие отходы, которые загрязняют ртутными парами [39].

4.5. Безопасность в ЧС

Для кабинета, находящейся в здании промышленного корпуса, наиболее вероятными и опасными являются следующие ЧС:

–Природные чрезвычайные ситуации;

–Техногенные чрезвычайные ситуации (несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место).

Из природных чрезвычайных ситуаций можно выделить метеорологические условия-сильные морозы, которые своего рода могут привести к авариям электроснабжения, теплоснабжения, водоснабжения, размораживание труб и другие. При подготовке к зиме необходимо обеспечить производство (должно быть на складе): дизельные генераторы электрообогреватели, суточный запас питьевой и технической воды. Для предотвращения аварий необходимо осуществлять постоянные проверки, подготовить к использованию резервные источники питания на объектах энергоснабжения, проводить обследование аварийно опасных участков электросетей и теплосетей, а также проводить инструктаж среди работников, о рисках возникновения ЧС данного характера и реагирования на него.

Из техногенных чрезвычайных ситуаций для рабочего места можно выделить терроризм или несанкционированное проникновение

посторонних. Для этого необходимо организовать антитеррористическую безопасность, которая включает в себя:

- охрану объектов института и доступ к ним;
- круглосуточный контроль за ввозом (вносом) и вывозом (выносом) материальных и других ценностей;
- обеспечение общественного порядка на территории института;
- проведение комплекса предупредительно-профилактических мероприятий по повышению бдительности, направленной на обеспечение безопасности обучающихся и работников;
- оборудование турникетов и шлагбаумов;
- установку охранной сигнализации и ее техническое обслуживание;
- приобретение системы видео наблюдения его монтаж и пуск;
- установка наружного освещения.

Вывод к разделу

В данном разделе были определены опасные и вредные факторы, которые при присущи работе за компьютером специалиста, проанализированы их воздействия на организм человека и возможные способы уменьшения этого воздействия. Также были определены пожарная и экологическая безопасность при работе за компьютером.

Заключение

В результате выполнения магистерской диссертации проведен анализ влияния антропогенных и метеорологических факторов на возникновение и распространение лесных пожаров на примере Западно-Сибирского региона.

Показано, что длительное воздействие высокой температуры воздуха на ЛГМ приводит к высыханию и испарению влаги, а ветер влияет на увеличение скорости распространения горения, что в дальнейшем способствует возникновению новых очагов горения путем переноса горящих частиц.

В результате проведенных экспериментальных исследований установлено, что:

1. Температура самовозгорания ЛГМ – сфагнома находится в пределах 300 °С. Такая температура может образоваться из-за стеклянных и пластиковых бутылок, оставленных отдыхающими на природе. Стеклянные, пластиковые бутылки выступают в качестве линзы, концентрирующей на себе солнечные лучи. Происходит нагрев ЛГМ, вызывающий очаговое возгорание. В засушливое время года такие очаги возникают одновременно сразу в нескольких местах, перерастая в масштабные лесные пожары.
2. В образцах мха – сфагнома при нагревании возникают термические эффекты, характеризующие наличие окислительных процессов при отсутствии тления и пламенного горения.
3. Частицы хвойных пород деревьев (ель, сосна), попадая в конвекционную колонну, с большой вероятностью могут перенестись на расстояние от 200 до 300 метров и, как следствие, стать источниками новых очагов горения в лесном массиве. Это подтверждает тем, что без источника огня продолжается процесс тления.
4. Частицы лиственных пород (березы) деревьев горят дольше. Без источника огня прекращают процесс тления. Частица, попадая в

тепловой поток не может являться источником новых очагов горения. Частицы березы не искрят, горят долго распределяя равномерно огонь.

Также был проведен анализ конкурентных технических решений, в котором выявлено конкурентное преимущество разработанной методологии. Был выбран вариант исполнения работы, который наиболее бюджетный и эффективный в решении поставленной в работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

Рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, параметры микроклимата, шума, освещения в аудитории при выполнении научной работы.

Список используемой литературы

1. В. А. Иванов, Г. А. Иванова, С. А. Москальченко, Н. А. Коршунов. Лесные горючие материалы и пожароопасность насаждений Л50 Сибири: учеб. пособие /; СибГУ им. М. Ф. Решетнева. – Красноярск, 2017. – 100 с.
2. ГОСТ 18486–87. Лесоводство. Термины и определения.
3. Коровин Г. Н., Зукерт Н. В. Влияние климатических изменений на лесные пожары в России / Климатические изменения: взгляд из России; В.И. Данилова-Данильяна. МОСКВА. 2003. С. 69 98.
4. Замолотчиков Д., Краев Г. Влияние изменений климата на леса России: зафиксированные воздействия и прогнозные оценки // Устойчивое лесопользование. 2016. № 4. С. 23-31.
5. ГОСТ Р 22.1.09-99. Библиографическая ссылка. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Мониторинг и прогнозирование лесных пожаров. Общие требования (1999). Москва: ГОССТАНДАРТ РОССИИ.
6. Мелехова И.С. Современные вопросы охраны лесов от пожаров и борьбы с ними. Москва: ЛЕСНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ. 1965. 272 с.
7. Белоусова Е.П., Латышева И.В., Латышев С.В., Лощенко К.А., Щерблыкин А.С. Природные факторы возникновения лесных пожаров на территории Иркутской области. Биосфера. 2016. т. 8. № 4. С. 390-400.
8. Козлов. В.И., Муллаяров В.А. Грозная активность в Якутии. Якутск: СО РАН. 2004. 104 с.
9. Иванов В.А., Коршунов Н.А., Матвеев П.М. Пожары от молний в лесах Красноярского Приангарья. Красноярск: СибГТУ. 2004. 132 с.
10. Нестеров В.Г. Горимость леса и методы её определения. Москва: ГОСЛЕСБУМИЗДАТ. 1949. 76 с.

11. Ильина В.Н. Пирогенное воздействие на растительный покров. // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2011. Т. 20. № 2. С. 4-30.
12. Ходаков В.Е., Жарикова М.В. Лесные пожары: методы исследования. Херсон: ГРИНЬ Д.С. 2011. 470 с.
13. Соколова Г.Г. Влияние высоты местности, экспозиции и крутизны склона на особенности пространственного распределения растений. Acta Biologica Sibirica. 2016. № 2. С. 34-45.
14. Андреев Ю.А. Влияние антропогенных факторов на возникновение лесных пожаров (на примере Красноярского Приангарья). Красноярск: Институт леса и древесины им. В.Н. Сукачева СО АН СССР. 1991. 22 с.
15. Ю.А. Михалев. Развитие системы охраны лесов от пожаров в условиях бореальных зон. 2016 г.
16. Софронов М. А., Волокитина А. В. Пирологическое районирование в таежной зоне. Новосибирск : Наука, 1990. 203 с.
17. Курбатский Н. П. Техника и тактика борьбы с лесными пожарами. М.: Гослесбумиздат, 1962. 164 с.
18. Курбатский Н. П. Исследование количества и свойств лесных горючих материалов. // Вопросы лесной пирологии. Красноярск, 1970. С. 5–58.
19. Матвеев П. М., Матвеев А. М. Лесная пирология: учеб. пособие. Красноярск, 2002. 316 с.
20. Арцыбашев Е. С. Лесные пожары и борьба с ними. М.: Лесная промышленность, 1974. 152 с.
21. Белов С. В. Лесная пирология : учеб. пособие. Л. : ЛТА. 1982. 68 с. 3
22. Иванова Г. А., Иванов В. А. Пожары в сосновых лесах Средней Сибири. Новосибирск : Наука, 2015. 240 с.
23. Софронов М. А. Лесные пожары в горах Южной Сибири. М. : Наука, 1967. 150 с.

24. Софронов М. А., Вакуров А. Д. Огонь в лесу. Новосибирск : Наука, 1981. 124 с.
25. Софронов М. А., Баранов Н. М. Распределение по площади запасов мха, опада и подстилки // Моделирование и охрана лесов от пожаров. Красноярск : ИЛиД СО АН СССР, 1979. С. 99–108
26. ГОСТ 12.1.004-91, ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования. Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12. 2014) «Об организации сбора, вывоза, утилизации, и переработки бытовых и промышленных»
27. Агапкин, Николай Дмитриевич А 23 Лесная пирология: учебное пособие / Н.Д. Агапкин, В.А. Гущина, А.А. Володькин. – Пенза: РИО ПГСХА, 2016. – 200 с.
28. Сфагнум. Осипов А.Ф., Манова С.О., Бобкова К.С. Запасы и элементный состав растений напочвенного по-крова в среднетаежных сосняках послепожарного происхождения (Республика Коми) // Растительные ресурсы. 2014.
29. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы, 2003.
30. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений, 1996
31. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.».
32. ГОСТ 12.1.005-88 «Общие сан. гигиенические требования квоздуху рабочей зоны».
33. ГОСТ 12.1.003-2014 «Шум. Общие требования безопасности.
34. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. «Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов».
35. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. «Защитное заземление, зануление»
36. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ

37. СП 9.13130.2009 “Техника Пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации.
38. ГОСТ 12.1.004-91, ССБТ «Пожарная безопасность. Общие требования. Постановление Администрации г. Томска от 11.11.2009 №1110 (с изменениями от 24.12. 2014) «Об организации сбора, вывоза, утилизации, и переработки бытовых и промышленных»
39. СП 60.13330.2016. «Отопление, вентиляция и кондиционирование».

Приложение А
(справочное)

Comprehensive assessment of the influence of meteorological and anthropogenic factors on the occurrence and spread of forest fires on the example of the West Siberian region

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ01	Рекичинская А.М.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД	Задорожная Т.А	к.т.н		

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Ажель Ю.П.	-		

Introduction

Forests act as one of the main mechanisms that maintain and restore the conditions of life on Earth. Wherein the most serious negative consequences for the biosphere are fires, which not only destroy forest, but and throw away significant amount of carbon dioxide into the atmosphere, increasing the most "greenhouse effect". Worldwide forests suffer from fire, but most often fire plantations in countries with continental climate are exposed to fire.

At present, tens of thousands of forest fires occur, and the average area of forests covered by fires, can reach several million hectares annually (Vaganov, Sukhinin , Furyaev , 1998; Sukhinin , 2001; conard , Ivanova , 1997).

Forest fuels

A forest fire, like other types of fires, is a random phenomenon. The occurrence of many forest fires over a large area is natural and due to periodically appearing natural factors preparing combustible materials for ignition, as well as regularly appearing heat sources.

The combustible material in the forest is forest stands, undergrowth, undergrowth, living ground cover, deadwood, stumps, litter and peat, and partly, the roots of trees and shrubs.

I. S. Melekhov noted that a forest fire occurs when three conditions are combined:

1. presence of combustible materials (objects of ignition);
2. favorable weather conditions that determine the ability of a combustible material to ignite (drying out);
3. presence of a fire source.

When appearing a fire source and favorable weather conditions (lack of precipitation, high air temperature and low relative humidity), the occurrence and development of forest fires depend on the state of forest combustible materials (FCM), their structure, quantity and spatial distribution.

Knowledge of the main characteristics of forest fires is of great importance both for understanding the process of forest fires and developing prevention

techniques, means and methods to combat them. Therefore, in the forest pyrology, this issue is given much attention [1].

Classification of forest combustible materials

A number of studies are devoted to the study of forest combustible materials. N. P. Kurbatsky developed a classification of forest combustible materials. On the role of forest combustible materials (FCM) in the origin, spread and development of fires, he proposed to distinguish between three classes: combustion conductors, combustion supporters, and materials delaying the spread of combustion. He combined similar in properties FCM in groups:

Group one - involves bushy lichens, shiny and green mosses (with some exceptions) and litter. These combustible materials have loose structure, dry up and moisturize fast. They burn predominantly with a flame;

group 2 – includes forest litter and peat. They are distinguished by a predominantly dense structure with a large proportion of powdered particles and burn without a flame, just smolder;

group 3 – includes deadwood and stumps, which are characterized by high density and slow humidity changes. Various decomposition degrees of wood cause the mixed nature of their combustion: healthy wood burns predominantly with a flame, while rotten is flameless ;

group 4 – includes grasses, shrubs, ferns and club mosses and self-seeding tree species. Herbs and shrubs have a fairly high constant humidity. They burn together with combustible materials presented in the first group. Shrubs and self-seeding of conifers noticeably amplify general intensity burning;

group 5 – includes seedlings and undergrowth, which can burn and intensify combustion of ground fuels under them. In this group, coniferous and deciduous species form two subgroups, since coniferous species more intensively support burning than deciduous ones;

group 6 – includes needles, foliage, branches bearing them, and small branches of the forest stand canopy. They can burn with intense combustion of ground materials or seedlings with undergrowth. Conifers and hardwoods

support combustion in different ways, so it is useful to consider independent subgroups.

Taking into account the longline arrangement and morphological buildings, E. S. Artsybashev divides all forest combustible materials into three groups based on the character of forest fires:

one - ground, 2 - elevated and 3 - underground.

The first group of combustible materials includes the entire organic mass of the cover located on the surface and having close contact with it, i.e., everything that usually burns. Here undergrowth is also assigned, representing a set of shrubs and sometimes tree species that do not reach the upper tier of the forest stand and unable to replace him. This group of combustible material is characterized by high porosity and hygroscopicity, which allows reacting fast on the all changes of weather conditions.

The second group includes all the trees that make up the upper tier and seedlings. This group involves trunks of trees togetherwith lichens, branches, twigs, needles and foliage. It is characterized by a relatively large dissociation between the individual components, low hygroscopicity and, consequently, insignificant humidity change under the influence of weather conditions.

The third group of materials includes all components of organic origin, located below the level of earth's surfaces, i.e. the root system of grasses, shrubs and trees. These components have a relatively dense structure, and their burning is more frequent. Total going on in the flameless phase [2].

According to the division of FCM into classes and groups, E. V. Konev compiled a diagram of combustion objects, in which they are linked to types forest fires (Fig. 2.1).

V. G. Gusev with co-authors offers t o classify FCM in accordance with the generally accepted classification of forest fires, i. e . o n t h e p l a c e o f a particular fuel material location in the vegetation cover of forests and its role in

the process of distribution combustion (table 1). Since forest fires are divided into three main types (soil, ground and crown fires), which differ in the participation of different tiers of forest fires in the combustion, the authors suggest singling out exactly those groups that are involved in these fires according to the classification of N.P. Kurbatsky.

Table 1

Classification of FCM in Predicting the Behavior of Fires in the Boreal Forest Zone

FCM Group	FCM Category		
	conductors burning	Supportive combustion	delaying combustion
Soil (underground)	bedding, humus peat ,sod	Roots dead wood	live rootstand
Ground (terrestrial)	mosses, lichens, fine solidlitter (not thicker than 2 cm), herbal rag, heather (with strong wind)	Some types of shrubs (ledum marsh, heather (at strong wind), cranberries, blueberries and etc.), self-seeding, undergrowth and coniferous undergrowth(up to 3 m high), combustible shrubs, deadwood, deadwood in butt, stumps, felling leftovers	Vegetative herbs, undergrowth foliage, some bushes (for example, bearberry)
Crown (overground)	Needles and carriersshoots (thickness 7 mm) in crowns standing tree, undergrowth and undergrowth (height- _ more than 3 m)	Dead wood, trunks (especially pitched and hollow), thick branches and dry branches growing trees	Foliage woody breeds

Influence of the type and structure of forest combustible materialson on the dissemination flame speed during forest fire

The plant mass of forest biogeocenosis forms a structural layer of combustible materials through which combustion spreads during fires. However, the

entire organic mass of forest biogeocenosis burns very rarely during fires. Completeness of its combustion, speed distribution, intensity and other burning characteristics strongly depend on the properties of combustible materials, on their quantity, structure, humidity and chemical composition [3].

Such FCM factors, as **chemical composition, ash content, calorific value, temperature burning, moisture content structure and stock** influence the speed of dissemination burning.

Chemical compound. FCM consist of organic and mineral connections. Main organic substances are cellulose or fiber ($C_6H_{10}O_5$) - a polysaccharide, a main integral part of plants' cell walls, which determines the mechanical strength and elasticity of plant tissues, lignin - natural polymer, imparting cellular walls vascular plants rigidity and strength contained in lignified plant tissues, hemicelluloses - polysaccharides of higher plants that are part of the cell walls and perform the function of amorphous cementing material.

The content of cells also includes proteins, fats, tannins, resins, essential oils, etc.

Inorganic part is presented by the following elements: calcium, potassium, sodium, magnesium, silicon, iron and other elements. When burning, mineral part of plants forms ash consisting mainly of oxides of silicon, phosphorus, magnesium, potassium, calcium, gland and aluminum.

Ash **content** is the ratio of the weight of ash to the weight of fuel in an absolutely dry state, expressed as a percentage. The ash content of FCM does not usually exceed 10%; e.g. ash content of leaves birch is 0.7%, and the ash content of peat with a low degree of decomposition can reach 10%. The exceptions are such plants, as horsetail, saltwort, etc., having an ash content of up to 20% or more. However, they usually do not burn and belong to the group of combustible materials that delay combustion.

The most important characteristic of forest combustible materials is **calorific value**. There is a distinction between higher and lower calorific value ability. Higher calorific value ability is the amount of heat released during the combustion of 1 kg of fuel in an absolute dry condition.

During forest fires, they deal with the net calorific value, the lower value of which is explained by the fact that in the process of burning wet combustible materials are involved. As a result, part of the heat is spent on the evaporation of moisture from the fuel. Thus, part of the generated heat is lost. Data on calorific value capabilities of some FCM is given in table. 2.

The net calorific value of FCM varies within from 4020 kcal/kg; for lichen - up to 5410 kcal / kg; peat is characterized by high degree of decomposition. In practice, the calorific value of the fuel is less than its lowest value. It is related to the chemical underburnt, which means incomplete carbon combustion, as its part flies away in form of small solid smoke (soot) particles.

Chemical underburnt fuel is 10–20 %.

The heat released during combustion is used to heat combustion materials. The temperature to which they are heated is called **burning temperature**.

table 2

Calorific value of LGM

Combustible material	Ash content , %	Gross calorific value ability, kcal/kg	Lower calorific value ability, kcal/kg
Burning conductors			
Herbs - reed	9.5	4240	-
Foliage - Birch	0.75	4900	4570
Needles : pines ordinary	5.5	5226	4920

larches Siberian	5.14	4300	-
ate Siberian	4.12	4850	-
firs Siberian	3.52	5850	-
pinces cedar Siberian	2.58	5200	-
Mosses : moss Schreber	3.6	4676	4420
Lichens : cladonia	2.5	4284	4020
Litters : reed grass sod	22.8	3750	-
in lichen-mossy pine forest	10.4	4970	4700
in a pine forest green moss	9.8	4780	4510
Peat : small degrees decomposition	10.0	5000	4690
high degrees decomposition	-	5700	5410
Combustion supporters			
Shrubs : wild rosemary	2.7	5639	5320
cowberry	3.6	5148	4830
Combustion delayers			
Sphagnum	3.6	4794	4500

Wood contains over 40 % of its own oxygen (comparatively oxidized material) and therefore cannot release big quantity of heat at final oxidation in the process of burning, e.g. coal or oil. During the burning of wood the temperature constitutes near 1000 °C. The temperature with the change of trees heights at medium intensity ground fire in the southern taiga lichen-green moss pine forest changes.

It has been established that during combustion, the maximum temperatures reached more than 1000 °C on the surface of the ground cover. When raising air, maximum values of formed gases temperature are reduced. One can see that on top temperatures exceed 100 °C, which leads to burning of the crowns and the death of trees, especially at high-intensity fires [4].

Moisture content of FCM. This indicator is defined as the ratio of the mass of water contained in a sample to the dry mass of the sample. However, in some cases, another parameter is used - moisture content of the fuel (the ratio of the water contained in the sample to the total mass of the wet sample). In a real environment, forest materials are never completely dry. By moisture content all FCM are divided into two classes: hygroscopic and non-hygroscopic.

In hygroscopic FCM, moisture occurs mainly due to rain, dew, at high relative humidity (mosses, lichens, litter, litter, deadwood and other plant residues). So, for example, the moisture content of litter, green mosses and bushy lichens varies from a minimum moisture content of 6–10% to a maximum, which can reach 130%, green mosses - 390%, lichen - 300% in litter after rain.

In non-hygroscopic FCM, moisture occurs as a result of physiological processes in living plants (herbs, shrubs, undergrowth, undergrowth, leaves and needles of trees). N.P. Kurbatsky found out that in evergreen shrubs, the moisture content changes during the growing season in the range from 70 to 160%. In spring evergreen tree species of the taiga, newly blossomed needles have a maximum moisture content exceeding 400%, which decreases to 120–140% by autumn and remains at this level all subsequent years. M. A. Sofronov observed the moisture content of the grass stand as a whole reaching 700–900%, which decreased by half from May to September, in the mountains of southern Siberia.

Studies have shown that a change in moisture content in the range from 0 to 10% does not have a noticeable effect on the rate of combustion propagation. A further increase in the moisture content of combustible materials leads to a sharp decrease in the rate of propagation of combustion, and at a moisture content of 25–30%, flame combustion almost stops. The critical moisture content of the litter, at which it can smolder, according to N.P. Kurbatsky, significantly exceeds 230%. Smoldering litter can be stored for a long time in a latent state. This is one of the reasons for the resumption of already extinguished fires.

In this regard, one of the main pyrological parameters of vegetable fuel is its moisture content.

According to M. A. Sheshukov and A. M. Starodumov, the process of moistening absolutely dry fuel to stable humidity occurs most intensively in the first 4 hours. Sphagnum, green mosses, larch needle litter and reed rags have a high moisture rate - their moisture content reaches 10–12%.

Moistening and drying of forest materials in a forest area is affected by their spatial distribution, topography, slope exposure, illumination and type of fuel.

The variation of moisture content within the synusia, even in one type of FCM, can be influenced by the nanorelief and distribution of precipitation under the forest canopy. Thus, the difference in moisture content of lichens of the same synusia, growing on the eastern nanoslope, is 10% higher than on the southern one, and in moss this difference can reach 20–25%.

Structure and stock of FCM. The structure of the forest fuel includes the shape, size and arrangement of fuel particles relative to each other or in relation to the soil surface and layer height.

The structure of combustible materials is closely related to their density, or volumetric mass (the amount of substance contained in a unit volume). A distinction is made between the density of the cover as a whole and the density of its constituent elements. A denser and less loose fuel, other things being equal, burns worse, since the release of heat is slowed down, as the surface of contact with oxygen of the burning layer is small. The situation is different for the combustion of a loose layer of FCM. Here, the surface of contact with oxygen is larger, and when each burning particle radiates energy, the latter falls on neighboring particles and heats them up. Only the outer layer of the material radiates heat to the surrounding atmosphere.

It is necessary to note one more feature of forest fuel - the banding structure of the layer, which it forms. The upper (active) sublayer, as a rule, has a looser structure and lower moisture content in dry weather than the lower ones. In this regard, the flammability of the site, as well as the nature of combustion, are determined by the state and structure of their upper sublayer.

In Table 3 data on the moisture content of litter and the layered moisture content of lichen and moss after a long dry period (9 days without rain) are given.

Significant differences in the moisture content of various layers of forest fuels are observed.

Table 3

Layered moisture content of FCM

FCM Type		moisture content %		
		X	$\pm\sigma$	V
litter		9.8	2.5	25.6
Lichen <i>Cladonia</i> , cm	0–2	10.3	2.0	19.9
	2–4	14.5	1.6	11.1
	4–6	21.0	6.1	29.3
Moss <i>Pleurzium schreberi</i> , cm	0–2	12.6	4.5	27.1
	2–4	19.7	3.0	15.3
	4–6	32.6	9.8	30.0

According to M.A. Sofronov [50], the maximum moisture content of the upper layer (0–2 cm) in the lichen was 180%; (3–4 cm) 300%.

The nature of a forest fire largely depends on the location of combustible materials and their quantity per unit area (**reserve**). So, if there is coniferous seedlings or undergrowth on the site, then the fire easily passes into the crowns of trees. If the forest stand is of the same age, then in the absence of large reserves of forest fuels on the soil surface determining the intensity of fire, the flame will spread on ground cover.

For the occurrence and spread of combustion in the forest, a minimum or critical supply of fuel and fuel is required. Critical supply is a margin below which the propagation of combustion is impossible. It is about 0.2 kg/m^2 . A critical supply is affected by the structure of the fuel layer. So, thin herbal rag sedge, evenly distributed on area, may conduct combustion in stock 0.07 kg / m^2 .

Since the 50s of the last century, the technique of N. P. Kurbatsky has been widely used for assessing the reserves of forest fuel materials. Sampling of forest combustible materials is carried out on sites $20 \times 25 \text{ cm}$, evenly distributed over them. As reserves of combustible materials vary in area, at estimation of the reserves of moss-lichen cover, litter fall and forest litter it is necessary to take into account

40-50 sites size 20×25 sm to achieve 10% accounting accuracy, and 10–15 sites for 20 % accuracy.

In Tables 4–5 the reserves of FCM on types forests for Siberia are given.

Table 4

*Distribution of average reserves of forest fuels by forest types in Siberian pine forests, t/ha***

Pine forests

FCM Type	Type of forests						
	lichen	green moss	herbal	lanky	sphagnum	bearberry dry	another
litter	4.51	6.42	6.60	2.15	3.48	4.58	4.80
mosses and lichens	3.86	3.34	1.35	3.60	4.49	2.09	-
Alive renal cover –	1.74	1.57	1.21	0.5	1.51	1.12	-
Under style	7.19	17.02	15.35	3.75	3.75	23.68	12.65

Table 5

*Distribution of average reserves of forest fuels by forest types in Siberian larch forests , t/ha***

FCM Type	Type of forests					
	lichen	green moss	covo-moss shrub	miscellaneous herbal	long powerful	sphagnum
litter	2.15	2.14	4.54	2.79	3.92	2.15
mosses and lichens	10.00	4.85	7.24	1.85	2.43	6.88
Alive napoch - venous cover	0.50	2.76	1.61	2.37	*	4.65
bedding	12.65	19.60	20.88	16.02	29.7	18.33

Resinous substances, extracted by sulfuric ether, constitute eighteen %, in leaf yah wild rosemary, and from one to 3 % in others forest combustible materials . High calorific value ability of resinous substances raises the temperature of flame and accelerates the combustion.

According to G. A. Amosov, the burning rate of FCM is different . Thus, the burning rate of rosemary is 28 times higher than the same of peat.

The intensity of the fire . When fighting forest fires, the rate of fire spread and the height of the flame are important , while in the case of soil fires - the depth of burnout. The rate of fire spread and the height of the flame mainly depend on the stock of fuel and its moisture content. To determine the intensity of forest fires, N. P. Kurbatsky proposed the following classification, which is currently applied in practice (Tab. 2.6).

Table 2.6

Classification of forest fires according to their intensity

Indicator strength fire	Meanings of fire intensity indicators		
	weak	middle strength	strong
<i>Grassroots fire</i>			
Propagation speedfire, m/min	before one	before 3	over 3
Height flame , m	before 0.5	before 1.5	more 1.5
<i>Crown fire</i>			
Propagation speedfire, m/min	before 3	up to 100	over 100
<i>Ground fire</i>			
Depth burnout , cm	before 25	before fifty	more fifty

In addition, the number of heat sources causing forest fuel ignition expands. A fire, ignited significant square, is more often mixed. It combines the elements of various types and forms of fires, as forest situation has big variety, while the character of combustible materials, their number and burning capacity are different on various sites of the forest. Fire avoids sites, where, under the circumstances, combustible material is not able to burn, so the part of the territory maybe not damaged by fire. Depending on the presence and condition of combustible materials, the edge of a forest fire spreads with different speeds and becomes complicated due to dividing into the individual spots, which can be accepted as individual fires. Further, separate spots of fire edges may merge and again fall apart. Under such conditions, it is difficult to

identify the main elements of fire - front, wing, rear. It becomes difficult to navigate in an environment.

In addition, the area of the fire has an impact on the nature of the fire. Thus, at an area of 15–25 ha or more and an amount of combustible material of 10–30 t/ha or more, a developed convection column is formed, raising burning materials to a considerable height. In the presence of wind, they are thrown over long distances, which leads to the appearance of numerous foci of sunbathing in front of the front of the main fire and fast coverage fire big areas.

Quite accurately, the intensity of a ground fire can be determined on speed dissemination and height flame, using classification of forest fires in pine forests by intensity (Table 7).

The intensity of fire, as well as the type, is determined by the most intense burning of edge parts. It depends on many factors (type and the state of FCM, weather conditions, time of day and other factors) and therefore, when extinguishing a fire, it is very important to correctly take into account its probable changes [5].

Table 7

Classification of fires in pine forests of Siberia on intensity fire edges

Type and intensity of fire	Intensity of fire edges, kW/m	spreading speed, m/min	Height of flame, m
Ground fire of low intensity	≤ 2000	1.0–2.9	less 0.5
Ground fire of medium intensity	2001–4000	3.0–5.9	from 0.5 before 1.5
Grassroots fire of high - intensity	more 4001	6.0 - 9.0	more > 1.5

Conclusion to section

Analyzing the information given on combustible materials, the following can be noted: in each biogeocenosis, its own complex of forest combustible materials is formed; the reserves and structure of combustible materials are determined by the type of vegetation and moisture conditions, as well as by forest fires; according to their role in the occurrence of the spread of combustion during forest fires, they can be differentiated into groups; stocks of combustible materials change during the season, as does their role in the occurrence and spread of fire; the reserves of combustible materials depend on the type of forest, the age of the stand and its density.

The concept of a differentiated approach to extinguishing forest fires, which is currently being developed, provides for a forecast of the occurrence and development of forest fires. To predict the possibility of the occurrence, development and consequences of forest fires, it is necessary to know the natural fire hazard of forests on the basis of determining the types and reserves of forest combustible materials and their role in combustion. Fire warning provides an opportunity to prepare for their elimination and reduce possible damage. Knowledge of the level of fire hazard in forest areas creates the basis for carrying out preventive measures in them, including controlled burning.

Bibliography

1. Buryak, L. V. Forest pyrology . At 2 p.m. Part 2. Fight against forest fires : textbook . n special / L. AT. Buryak, WITH. BUT. Moskalchenko ,G. BUT. Ivanova. - Krasnoyarsk : SibGTU , 2016. – 113 with.
2. Ivanov, V. A. Lesnaya pyrology . At 2 pm Part 1. The nature of forest fires: textbook . Special / V. A. Ivanov, G. A. Ivanova, S. A. Moskalchenko . - Krasnoyarsk : SibGTU , 2014. - 80 with.
3. Ivanov, AT. BUT. Lesnaya pyrology : workshop / AT. BUT. Ivanov,L. AT. Buryak, WITH. BUT. Moskalchenko . - Krasnoyarsk : Siberian State Agrarian University , 2016. - 59 with.
4. Buryak, L. AT. Forest fire control : textbook . n special / L. AT. Buryak, WITH. BUT. Moskalchenko , G.A. Ivanova. - Krasnoyarsk : SibGTU , 2016. - 173 with.
5. Main types forests Siberia : textbook . n special / AT. BUT. Ivanov
6. [and etc.]. - Krasnoyarsk : SibGTU . - 2012. - 140 with.