

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Определение безопасных расстояний при воздействии лесных пожаров на здания и сооружения

УДК 614.841.42:630:519.876

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е71	Кудрявцев Юрий Олегович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов В. А.	д.ф.-м.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Жиронкин С. А.	д.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Федорчук Ю. М.	д.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД ИШНКБ	Вторушина А.Н.	к.х.н.		

Планируемые результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ОПК(У)-5	Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе
ДОПК(У)-1	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовать, планировать и реализовать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения объектов защиты
ПК(У)-14	Способность определять нормативные уровни допустимых негативных воздействий на человека и окружающую среду
ПК(У)-15	Способность проводить измерения уровней опасностей в среде обитания, обрабатывать полученные результаты, составлять прогнозы возможного развития ситуации
ПК(У)-16	Способность анализировать механизмы воздействия опасностей на человека, определять характер взаимодействия организма человека с опасностями среды обитания с учетом специфики механизма токсического действия вредных веществ, энергетического воздействия и комбинированного действия вредных факторов
ПК(У)-17	Способность определять опасные, чрезвычайно опасные зоны, зоны приемлемого риска
ПК(У)-18	Готовность осуществлять проверки безопасного состояния объектов различного назначения, участвовать в экспертизах их безопасности, регламентированных действующим законодательством Российской Федерации

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
20.03.01 Техносферная безопасность
_____ А.Н. Вторушина
04.02.2021 г.

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1E71	Кудрявцев Юрий Олегович

Тема работы:

Определение безопасных расстояний при воздействии лесных пожаров на здания и сооружения	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.01.2021, №22-73/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объектом исследования в работе был лесной пожар. Исходные данные для численных расчетов задавались в ПО PHOENICS. Предметом исследования является математическое моделирование воздействия верховых природных пожаров на здание и сооружения.
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>	1. Обзор существующих теоретических и экспериментальных методов изучения лесных пожаров. 2. Разработка математической постановки задачи о возникновении и распространении природных пожаров. 3. Разработка численной методики решения поставленной задачи. 4. Проведение расчетов и получение результатов.

	5. Оценка и анализ полученных данных.
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	1. Графики распространения продуктов горения 2. План помещения 3. Календарный план-график проведения НИОКР по теме
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Жиронкин Сергей Александрович
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2021 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов Валерий Афанасьевич	д.ф.-м.н.		04.02.2021 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E71	Кудрявцев Юрий Олегович		04.02.2021 г.

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

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

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2021 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2021 г.	Введение. Постановка цели и задач.	20
23.03.2021 г.	Обзор литературы.	10
13.04.2021 г.	Разработка математической модели	15
29.04.2021 г.	Анализ построенной математической модели	15
11.05.2021 г.	Определение безопасных расстояний для здания	10
18.05.2021 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
07.06.2021 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Перминов В.А.	д.ф.-м.н.		04.02.2021

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОКД ИШНКБ	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2021

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

Студенту:

Группа	ФИО
1E71	Кудрявцев Юрий Олегович

Школа	ИШНКБ	Отделение	ОКД
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	<i>Проведение предпроектного анализа. Выполнение SWOT-анализа проекта</i>
2. <i>Определение возможных альтернатив проведения научных исследований</i>	<i>Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.</i>
3. <i>Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ</i>
4. <i>Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности</i>	<i>Проведение оценки экономической эффективности исследования получения полиметилметакрилата суспензионным способом</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
1. <i>Матрица SWOT</i> 2. <i>График проведения НИИ</i> 3. <i>Определение бюджета НИИ</i> 4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ</i>	

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Жиронкин Сергей Александрович	Доктор экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E71	Кудрявцев Юрий Олегович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1E71	Кудрявцев Юрий Олегович

ШКОЛА	ИШНКБ	Отделение школы (НОЦ)	ОКД
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	20.03.01 Техносферная безопасность

Тема дипломной работы: «Определение безопасных расстояний при воздействии лесных пожаров на здания и сооружения»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Математическая модель распространения природного очага горения на здание. Работа проводилась с использованием ПО «PHOENICS». Условия работы: сидячее положение в офисном помещении. Область применения: научно-исследовательские институты; высшие учебные заведения; отрасли, связанные с проектированием жилых и нежилых помещений.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов • Природа воздействия • Действие на организм человека • Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов) • СИЗ коллективные и индивидуальные 1.2. Анализ выявленных опасных факторов: • Термические источники опасности • Электробезопасность • Пожаробезопасности	Вредные факторы: • Недостаточная освещенность; • Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры; • Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ; • Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ; • Опасные факторы: • Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R_{заземления}, СКЗ, СИЗ; • Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.
2. Экологическая безопасность: • Выбросы в окружающую среду • Решения по обеспечению экологической безопасности	Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, промасленная ветошь) и способы их утилизации.

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: • перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; • разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; • разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	Рассмотрены 2 ситуации ЧС: 1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте); 2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.
4. Перечень нормативно-технической документации.	– ГОСТы, СанПиНы, СНиПы

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	26.02.21 г.
--	-------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ТПУ	Федорчук Ю.М.	Д.Т.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е71	Кудрявцев Юрий Олегович		

Задание согласовано (Дата)

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 73 страниц, 13 рисунков, 15 таблиц, 30 источников,

Ключевые слова: Математическое моделирование, лесной пожар, здание, сооружение, воздействие, лес, безопасная зона

Объектом исследования является лесной пожар. Численные расчеты проводились с помощью ПО PHOENICS.

Цель работы – определение безопасных расстояний, с помощью математического модели воздействия лесных пожаров на здания и сооружения, который размещены вблизи лесных массивов.

В процессе исследования проводились разработка трехмерной математической модели воздействия лесного пожара на здание и сооружение.

В результате исследования проведены численные расчеты для определения безопасных расстояний от лесного массива до здания.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: данная работа позволит определить безопасные расстояния до зданий и сооружений.

Область применения: профилактические мероприятия и определение безопасных расстояний.

Экономическая эффективность/значимость работы: данная работа позволит более точно определить безопасные расстояния от лесного пожара до зданий и сооружений

Введение.....	12
1. Обзор литературы по изучению лесных пожаров.....	14
1.1 Общие понятия и сведения о лесных пожарах	14
1.2 Математические модели воздействия лесных пожаров на объекты.....	18
2. Математическое моделирования воздействия лесного пожара на здание	23
2.1 Физическая постановка задачи.....	23
2.2 Математическая постановка задачи.....	25
2.3 Метод решения.....	27
2.4 Результаты решения задачи.....	28
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	37
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	37
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	37
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений	37
3.1.3 SWOT-анализ	39
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	42
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	42
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	42
3.3 Разработка графика проведения научного исследования	43
3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	45
3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	45
3.4.2 Расчет материальных затрат НТИ	46
3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	47
3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	50
3.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	50
3.4.6 Накладные расходы	51
3.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	51
3.5 Определение эффективности исследования.....	51
4. Социальная ответственность.....	54
Введение	54
4.1. Производственная безопасность	54
4.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении.....	54

4.1.2. Превышение уровней шума	56
4.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений	57
4.1.4. Поражение электрическим током	58
4.1.5 Освещенность	60
4.1.6 Пожарная опасность	64
4.2 Экологическая безопасность	66
4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	66
Заключение.....	71
Список используемой литературы.....	72

Введение

Исторически пожары наносят серьезный ущерб экологической и экономической составляющей всей окружающей среде и их жителям. Лесные ресурсы долго восстанавливаются, а как все знают лесные пожары сжигают все на своем пути. Так же страдает флора и фауна, в опасности ближайшие постройки и жизни людей. Поэтому не давая захватить огромные площади, нужно повысить огнестойкость лесов, а при возникновении очагов, как можно срочно реагировать на него и принимать меры для тушения, не давая захватить большие площади.

По состоянию на 5 мая 2021 года на землях лесного фонда Томской области зафиксировано уже 39 лесных пожаров. Из них три возгорания продолжают действовать: два - в Бакчарском и одно – в Томском районах на общей площади 33,5 га. С начала пожароопасного сезона на землях лесного фонда ликвидировано 36 возгораний на площади 164,41 га. В первые сутки потушено 97% пожаров[1].

Проблема, связанная с распространениями лесных пожаров, находится на международном уровне. Территория лесных участков не только в РФ, но и в других странах ежегодно подвергаются поджогам, поэтому данная тема считается актуальной чтобы рассмотреть.

Цель данной работы – определение безопасных расстояний от лесного массива до зданий и сооружений при лесном пожаре с помощью метода математического моделирования.

В частности, разработать компьютерную программу, чтобы определять безопасные расстояния в рамках разработанной модели, при этом учитывая распределение температуры, размеры строений и лесного массива, время воздействия очага горения, влияние ветра и другие факторы.

Основные задачи исследования:

1. Разработка физическую и математическую постановку задачи о воздействии природного пожара на здания и сооружения

2. Разработать методику решения с применением численных методов.
3. Реализовать методику с помощью программного обеспечения Phoenix
4. Определить безопасные расстояния для зданий и сооружений
5. Визуализировать результаты расчетов

Экспериментальные изучения очень дорогостоящие и не дают полного и точного понимания распространения пожара. Подобные модели могут быть использованы в качестве составления прогнозов для разработки мер предотвращения и предупреждения о возникновении очагов возгорания, а также с помощью программного обеспечения можно определить критические безопасные расстояния для построек, что дает преимущество против экспериментов.

1. Обзор литературы по изучению лесных пожаров

1.1 Общие понятия и сведения о лесных пожарах

Лесной пожар – это стихийное, неуправляемое распространение огня по лесным площадям [2]. В зависимости от происхождения лесной пожар может быть естественным или антропогенным. За частую причинами естественных лесных пожаров являются молнии. Размеры пожаров делают возможным их визуальное наблюдение даже из космоса [2].

Загорание от молний в первую очередь происходит в возрастных лесах, где засохшие и больные деревья возгораются в первую очередь, а вероятность зажигание молодой растительности крайне мала из-за большого количества зелени, которая достаточно влажная [3].

Но доля естественных пожаров, а то есть вызванных, например молнией всего лишь 7-8%, то оставшиеся проценты лесных пожаров в большей части реализованы деятельностью человека [4]. Таким образом, без контроля работы и надзора за лесными массивами противопожарных служб пожары пагубно повлияют на наш мир.

Существуют управляемые пожары, где возгорание специально вызывают искусственно. Суть их такова что благодаря таким пожарам уничтожают пожароопасные продукты горения леса, производят зачистку отходов лесозаготовок, либо подготавливают земли под посадку саженцев в преимуществе с естественным удобрением(залой), борение с заболеванием леса и насекомыми [4].

В зависимости от того, где распространяется пламя, пожары разделяют на низовые, верховые и подземные [5].

Низовые пожары распространяются со скоростью 0.25-5 км/ч по направлению ветра высота достигает до 2.5 метра, а температура пламени примерно 700 °С, при этом сжигаются опавшие ветки, мох, трава, лишайники и в общем лесная подстилка.

По форме и скорости низовые пожары делятся на беглые и устойчивые.

- Беглые пожары в основном возникают весной, провоцирующий фактор является лишь только верхний слой, когда только становится сухим и формирует небольшой слой горючих материалов. Исходят из названия такой пожар развивает большую скорость распространения минуя площадь с повышенной влажностью, а поэтому остаются пространства с достигшей пламенем, при том повреждая незначительно корневую систему, кроме тех которые находятся на поверхности, в основном страдает подлесок и кора находящаяся снизу дерева. Данная форма низового пожара будет наиболее безвредна

- Устойчивые пожары характерны в основном к середине лета, где после медленного сгорания живого или мёртвого покрова сгорает кара деревьев, полностью подрост, что может быть причиной возникновения верхового пожара. Бывает, что устойчивый пожар по мере течения он проходит по несколько раз по одному и тому же пути.

Верховой пожар распространяется со скоростью от 5 до 30 км/ч, когда температура пламени достигает от 900 °С до 1200°С. Характерен он в засушливый и ветренный период времени переходя из низового пожара особенный вред отмечается в безветренную погоду, распространяясь по плотному подросту листьев, веток или при повальном пожаре достигая крон деревьев, считается крайним этапом пожара. Подобные пожары происходят по всему миру, выделяя град искр из очагов горения, летящих перед фронтом пожара, образуют новые низовые пожары на расстоянии от десятка до несколько сотен метров [5]. Верховые пожары разделяются аналогично низовым на ураганные (беглые) и поваленные (устойчивые) [6].

Со временем из-за метеоусловий высокие деревья под своим большим грузом прибегают к повалу, образуя многоэтажные загромождения, а также может образоваться при вырубке деревьев. При распространение лесного пожара в таких условиях образуются поваленный верховой пожар скорость распространения которого достигает 8 км/ч сжигая все от надпочвенного

покрова до пика дерева. Ураганные пожары — это следствие сильного ветра, такой пожар может достигнуть скорости от 7 до 30 км/ч, тем они и опасны [6].

Подземные пожары непримечательны и имеют особенность гореть без доступа кислорода на глубине до нескольких метров включительно и под водой со скоростью несколько километров в сутки. Возгорание происходит из-за торфа, который получается в итоге осушения болотных участков. Подземный пожар выжигает корни деревьев, в следствии чего деревья как правило, валятся кронами к центру пожара образуя округлую или овальную форму. Главной проблемой подобных возгораний, то что торф почти не поддается тушению и очаги возгорания трудно заметны, поэтому нужен предварительный поиск подобных участков и применить профилактические меры. Подземные пожары разделяются в зависимости от глубины горения и вида горения лесных почв, в работе по тушению их делят на последующие виды почвенные, подстильно-гумусные, торфяные пожары.

По силе распространению верховые, низовые определяют скоростью и высотой распространения. Зависит от количества от состояния и запасов ЛГМ, метеоусловий и времени суток. Таким образом при низовом не превышающей скорости 1 метра в минуту и высоту 0.5 метров относят к слабому, при скорости от 1 метра в минуту до 3 и высотой до полутра метров к среднему и сильном свыше 3 метров в минуту и высотой свыше полутра метров. При верховом слабом скорость достигает 180 метров в час, среднем 600 метров в час и при сильном свыше 600 метров в час [7].

Для подземного пожара силу определяют глубиной перегорания, где слабый считается глубина не превышающей 0.25 метров, средним 0.25-0.5 метров и сильным от 0.5 метров [7].

По площади разделяют на: загорание где огонь распространен на 0.1-2 гектара, малый от 2 до 20 гектара, средний от 20 до 200 гектара, крупный от 200 до 2000 гектара и катастрофический превышающий 2000 гектара.

Среднее длительность крупных лесных пожаров при выгорании размером 450 гектаров от 10 до 15 дней.

Горная местность, очень сильно влияет на распространение пожаров. Поверхность земли, днём нагревается солнцем, в связи с чем поднимает нагретые слои воздуха вверх, которые были у земной поверхности. В следствии чего потоки слоёв воздуха поднимаются вверх по ложбинам, а также по склонам. Когда солнце садится происходит охлаждение земной поверхности, слои воздуха распространяются в обратном направлении, а именно опускаются вниз, к поверхности. Наклон склонов, определённая местность – эти факторы влияют на скорость распространения пожара, а также на его направление. Особенно эти факторы влияют при горных условиях. Огонь без трудности распространяется вверх по уклону, и чем круче уклон, тем более высока скорость распространения. Таким образом при угле уклона в 5° скорость может умножиться в 1.2 раза, уклоне в 10° в 1.6 раза, уклоне 15° в 2.1 раза, уклоне 20° в 2.9 раза и при 25° в 4.1 раза [8].

В отличие противоположенное направление по склону будет обратный эффект, что дает преимущество в ликвидации пожара.

Огонь при распространении вверх по склону стремиться зажечь нижние части крон деревьев находящиеся недалеко от него, подсушивая и вызывая подогрев вследствие быстрое возгорание последующих деревьев. Скорость распространения огня также обусловлена тягой, из-за поднимающего теплового воздуха вверх по склону. Дополнительной проблемой крутых склонов, является то что горящие материалы могут скатываться создавая новые места горения [8].

Зависимость южного и северного направления склона, также влияет на общую воспламеняемость, обусловлено тем, что солнечное облучение может повлиять на скорость высыхания растительности (южное сильнее, чем с северным). Этот нюанс возможно применить тем более при прогнозировании распространения и качеств природного пожара, и наиболее защищать склоны с южным направлением.

1.2 Математические модели воздействия лесных пожаров на объекты

Влиянием времени передовые технологии не стоят на месте и без них мир уже трудно представить. Изучение воздействия большого спектра факторов и характеристик на лесные пожары трудна без математических моделей. Для достижения цели производятся вычисления для множества параметров заменяя их моделью, которые описывают самые важные свойства тела.

В соответствии с классификацией модели подразделяются на линейные и нелинейные, статистические и динамические, сосредоточенные и распределенные, дискретные и непрерывные. С помощью численного метода определяют различные параметры пожара, включая скорость, температуру, тепловые потоки, плотность, концентрацию компонентов. Зная свойства 21 горючих материалов, какой сезон и район можно смоделировать развитие лесного пожара.

Все же лишь один способ исследования фронта пламени, среды и определение параметров распространения очагов возгорания разумен это математическое моделирование на персональном компьютере. Причиной тому является дорогостоящее и экологически небезопасное эмпирическое исследование [9].

Метод численного моделирования на сегодняшний день является актуальным и перспективным для изучения возникновения и распространения лесных пожаров, поскольку он удобен в использовании и менее энергозатратен.

Чтобы изучить данное явление, как протекает данный процесс и используя эти данные построить математическую модель. С другой стороны, экспериментальные исследования различных видов лесных пожаров, могут быть использованы для подтверждения достоверности результатов математического моделирования. Например: с помощью экспериментов можно определить скорость распространения лесных пожаров при различных

материалах, условий и состояний лесных горючих материалов (запас лесных горючих материалов, влагосодержание, тип растительности и т.д.). Полученные результаты могут быть использованы для подтверждения достоверности данных математического моделирования распространения природных пожаров. Как правило, исследуемые процессы описываются с помощью достаточно сложных систем уравнений, которые не имеют аналитического решения. Поэтому для нахождения решения применяются численные методы. Процесс получения дискретных аналогов, программирование алгоритма решения, тестирование компьютерных программ и визуализация результатов является достаточно трудоемкой процедурой, требующей высокой квалификации исследователя в различных областях знаний. Наиболее перспективным подходом для решения вышеуказанных задач механики сплошных сред является использование специального программного обеспечения, например PHOENICS, которое позволяет с помощью удобного интерфейса построить математическую модель изучаемого процесса, ввести исходные данные, получить численные результаты и визуализировать их.

В 1937 году приведена оценка изменения периметра, в работе Митчела[10], чтобы увеличить точность оценки периметра он использовал зависимость диаметра пожара и длину круга. Здесь предложено 3 перемножить на скорость распространения пожара кромки фронта, где число 3 — это округленное число π . Данный способ очень облегченный и применялся только для моделирования пожара в частности, формы круга — просто конфигурации.

Одни из самых ранних экспериментально-аналитических анализов пожаров, происходящих в лесу, начались ещё с 1940-ых годов. Их изучали два исследователя Карри и Фонс[11], свои эксперименты они проводили на не естественных ветках и хвойниках. Исследователи начали свои изучения ещё в 1930-ых годах. Прогнозируя скорость распространения пожара Фонс вывел уравнение теплового баланса, из построенной математической модели,

поджигая горючее вещество. В следствие чего в США, а также в Канаде стали заниматься построением модели распространения лесных пожаров. В 1972 году Ротермел разработал такую модель. Байрам, в 1956 году разработал модель, созданную на уравнении интенсивности пожара. На основе разработанных моделей оценивается пожароопасность по системе NFDRS, а также анализируется динамика пожара FARSITE [12].

Конец 40-х и 50-е годы явились периодом дальнейшего накопления сведений о свойствах растительных материалов (их изучали Амосов Г.А., Дэвис К., Байрам Дж. и др.[22]), об их связи с окружающими условиями (Мелехов И.С., Нестеров В.Г., Анцышкин С.П. и др. [23,24,25]) и с характеристиками горения (Мелехов И.С., Нестеров В.Г., Анцышкин С.П., Вонский С.М. Байрам Дж., Амосов Г.А и др. [23,24,25]). Уравнение интенсивности лесного пожара, выведенное Байрамом в 1956 году, выглядит следующим образом:

$$I = HwR, (3.1)$$

где I – интенсивность пожара, кВт/м,

H – теплота сгорания топлива, кДж/кг,

w – масса топлива, потребляемого на единицу площади, кг/м²,

R – скорость распространения фронта пожара, м/сек.[13]

Через десяток лет после релиза этого уравнения оно приобрело массовое признание в числе исследователей Канады. Потому в середине 1960-х годов стали применять уравнение Байрама для прогнозирования. В результате этот труд ввели в канадскую систему оценки пожарной опасности в лесу (CFFDRS).

В процесс разработки математических моделей распространения лесных пожаров, вложил очень существенный вклад исследователь Конев Э. В [14]. Он изучал распространение огня от “искры к искре”, в твёрдой фазе, поэтому процесс осуществления его модели будет очень труден. Точность и реализацию данного метода поставили под сомнение в связи с тем, что пожар

представляет собой значительно масштабное явление. Также, в методе Конева при пожаре не исследуется изменение газовых периодов. Для будущего совершенствования изучения данной темы, модели Конева полезны.

В 1992 году канадские эксперты придумали опытную аналитическую наложенность ради моделирования действия пожара. Конструкция основана на теории теплопередачи и утилизирует итоги 495 эмпирических пожаров ради извлечения соотношений, какие исчисляют скорость распространения очага пожара, и скорость горения ЛГМ [13].

К аналитическим моделям физико-химических процессов горения относятся работы Ю.А. Гостинцева и Л.А. Суханова по аэродинамике атмосферы при больших пожарах [15], в которых описано плоское турбулентное течение в атмосфере, вызванное интенсивным точечным пожаром (характерный размер такого пожара значительно меньше высоты подъема нагретых газов). В результате анализа и численного решения модели авторами был уточнен критерий возникновения конвективной колонки, предложенный Байрамом, установлена связь профиля ветра в свободной атмосфере с направлением потоков вблизи пожара, а также рассмотрены вопросы, связанные с взаимодействием конвективных колонок между собой [13].

Одна из наиболее полных физико-химических моделей горения леса содержится в работах А.М. Гришина [16]. Модель содержит систему уравнений и граничных условий, описывающих трехмерные процессы тепло- и массообмена, фазовых и химических превращений при горении, а также движение газовых потоков, вызванное этими процессами. Однако, несмотря на свою полноту, модель имеет недостатки. Один из недостатков состоит в том, что в модели не учитывается рельеф местности. Вторым недостаток – это чрезмерная сложность модели, в которой слой горючего материала рассматривается с точностью до элементарной частицы (хвоинки или листа дерева) [13].

К сожалению, в основном эти работы скованы некоторыми трудностями. Если посмотреть на количество исследований по моделированию горения физиологических материалов при пожаре, то моделей достаточно учитывающие набор процессов в воздухе и горючем материале очень мало.

Со временем появились работы, в которых комплекс физики-химических процессов в месте очага возгорания расширялся, такие как Конев Э.В, Гришин А.М. и др., а в связи с познанием компьютерного моделирования разработанные модели стали использовать в разных программных обеспечениях. Но, из выше обзора заметно то, что возможности данных моделей не обладают большими возможностями. Смоделировать достаточно точный результат лесного пожара, чтобы и другие смогли пользоваться данными возможностями, прибегают модификации, а то есть комбинирование моделей, чтобы приблизиться к природным условиям.

Наверняка главных из проблем трудное применение физических моделей пожаров, обусловлена тем, чтобы задать точные условия нужно иметь большой спектр начальных данных (метеоусловия, параметры области и др.). Факел пламени расходится в объемном пространстве. Поэтому, чтобы увеличить точность модели нужно применять физико-химические процессы, распознающиеся объемно [13].

Вид бесконечной среды усложняется набором относительно однородных пространственных элементов, находящихся в области, в которой проходят эти процессы. Модель не позволяет формализовать данные, позицию этих элементов, показатели условия погоды они слабо приближительны [13].

2. Математическое моделирования воздействия лесного пожара на здание

2.1 Физическая постановка задачи

Среди видов лесных пожаров верховые более небезопасными являются верховые. Большая часть сгоревшей площади в основном из-за такого вида пожаров. Для ликвидации этого вида пожара требуются не мало сил и средств, но зачастую локализация недостижима. Исследование верховых лесных пожаров всегда актуальна, так как со временем создают и модифицируют новые способы профилактики и ликвидации их.

Сценарий лесного пожара в основном одинаковый, первым делом происходит возгорание в нижнем уровне леса после чего же при конкретных критериях, пламя при возможности перебегает кронам деревьев в итоге происходит переход низового в верховой пожар. В подобных случаях прибегают к математическому моделированию, так как он по сравнению с экспериментальными способами не экономически затратен, в преимуществе он правильно обрисовывает процесс от поджога до продолжительного пожара. В частности, на основе численного анализа

Экспериментальные способы исследования лесных пожаров считаются дорогостоящими и не дают возможность проводить полное физическое моделирование предоставленного явления. В данных критериях предполагают внимание способ математического моделирования, который разрешает правильно обрисовывать процесс появления и распространения при лесных пожарах. К примеру, на основе численного анализа реально изучать процесс появления и распространения лесного пожара.

В данной работе представлена постановка и результаты расчетов возникновения верхового лесного пожара, и его воздействие на здание. Предполагается, что очаг пожара имеет конечные размеры и над пологом леса задана скорость ветра. Ось Ox_3 направлена вверх, а оси Ox_1 и Ox_2 – параллельно поверхности земли (ось Ox_1 совпадает с направлением ветра). Схема данного процесса представлена на рис. 1:

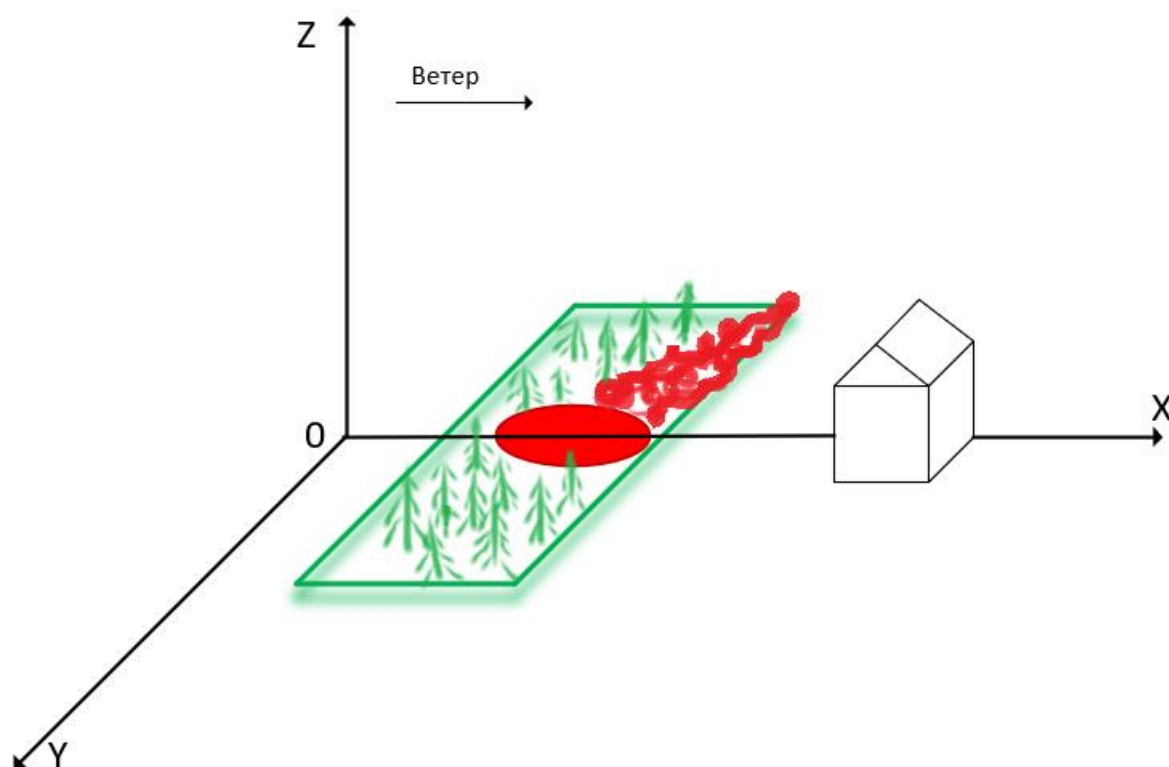


Рисунок 2.1 – Схема расчетной области

На данной схеме представлены:

- Направление ветра;
- Лесной массив;
- Очаг лесного пожара;
- Здание

Предполагается, что: 1) течение носит развитый турбулентный характер и молекулярным переносом пренебрегаем по сравнению с турбулентным, 2) плотность газовой фазы не зависит от давления из-за малости скорости течения по сравнению со скоростью звука, 3) среда находится в локально-термодинамическом равновесии, 4) известна скорость ветра над пологом леса в невозмущенных условиях, 5) газодисперсная смесь бинарная и состоит из частиц конденсированной фазы, а также газовой фазы – компонентов кислорода, газообразных горючих и инертных компонентов.

1. Математическая постановка задачи

Сформулированная выше задача сводится к решению следующей системы уравнений:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_1}(\rho U_1) + \frac{\partial}{\partial x_2}(\rho U_2) + \frac{\partial}{\partial x_3}(\rho U_3) = 0 \quad (2.2.1)$$

$$\rho \left(\frac{\partial U_1}{\partial t} + U_1 \frac{\partial U_1}{\partial x_1} + U_2 \frac{\partial U_1}{\partial x_2} + U_3 \frac{\partial U_1}{\partial x_3} \right) = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(\mu_{\varphi\phi} \frac{\partial U_1}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left(\mu_{\varphi\phi} \frac{\partial U_1}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial}{\partial x_3} \left(\mu_{\varphi\phi} \frac{\partial U_1}{\partial x_3} \right) - \frac{\partial P}{\partial x_1} \quad (2.2.2)$$

$$\rho \left(\frac{\partial U_2}{\partial t} + U_1 \frac{\partial U_2}{\partial x_1} + U_2 \frac{\partial U_2}{\partial x_2} + U_3 \frac{\partial U_2}{\partial x_3} \right) = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(\mu_{\varphi\phi} \frac{\partial U_2}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left(\mu_{\varphi\phi} \frac{\partial U_2}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial}{\partial x_3} \left(\mu_{\varphi\phi} \frac{\partial U_2}{\partial x_3} \right) - \frac{\partial P}{\partial x_2} \quad (2.2.3)$$

$$\rho \left(\frac{\partial U_3}{\partial t} + U_1 \frac{\partial U_3}{\partial x_1} + U_2 \frac{\partial U_3}{\partial x_2} + U_3 \frac{\partial U_3}{\partial x_3} \right) = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(\mu_{\varphi\phi} \frac{\partial U_3}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left(\mu_{\varphi\phi} \frac{\partial U_3}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial}{\partial x_3} \left(\mu_{\varphi\phi} \frac{\partial U_3}{\partial x_3} \right) - \frac{\partial P}{\partial x_3} - \rho g \quad (2.2.4)$$

$$\rho \left(\frac{\partial C}{\partial t} + U_1 \frac{\partial C}{\partial x_1} + U_2 \frac{\partial C}{\partial x_2} + U_3 \frac{\partial C}{\partial x_3} \right) = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(\rho D_{\varphi\phi} \frac{\partial C}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left(\rho D_{\varphi\phi} \frac{\partial C}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial}{\partial x_3} \left(\rho D_{\varphi\phi} \frac{\partial C}{\partial x_3} \right) + S_c \quad (2.2.5)$$

$$\rho C_p \left(\frac{\partial T}{\partial t} + U_1 \frac{\partial T}{\partial x_1} + U_2 \frac{\partial T}{\partial x_2} + U_3 \frac{\partial T}{\partial x_3} \right) = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(\lambda_{\varphi\phi} \frac{\partial T}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left(\lambda_{\varphi\phi} \frac{\partial T}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial}{\partial x_3} \left(\lambda_{\varphi\phi} \frac{\partial T}{\partial x_3} \right) + \frac{\partial P}{\partial t} + S_h \quad (2.2.6)$$

$$\rho \left(\frac{\partial K}{\partial t} + U_1 \frac{\partial K}{\partial x_1} + U_2 \frac{\partial K}{\partial x_2} + U_3 \frac{\partial K}{\partial x_3} \right) = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(\mu_{\varphi\phi} \frac{\partial K}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left(\mu_{\varphi\phi} \frac{\partial K}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial}{\partial x_3} \left(\mu_{\varphi\phi} \frac{\partial K}{\partial x_3} \right) + G - \rho \varepsilon + P_k, \quad (2.2.7)$$

$$\text{где} \quad P_k = \frac{\rho g}{T} \overline{u'_3 T'} \quad (2.2.8)$$

$$\rho \left(\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + U_1 \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_1} + U_2 \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_2} + U_3 \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_3} \right) = \frac{\partial}{\partial x_1} \left(\mu_{\varepsilon \phi \phi} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_1} \right) + \frac{\partial}{\partial x_2} \left(\mu_{\varepsilon \phi \phi} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_2} \right) + \frac{\partial}{\partial x_3} \left(\mu_{\varepsilon \phi \phi} \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_3} \right) + \rho \frac{\varepsilon}{K} (C_{1e} P_k + C_{3e} G + C_{2e} \varepsilon) \quad (2.2.9)$$

где $C_{1e}=1.44$, $C_{2e}=1.92$ и $C_{3e}=1.0$.

Радиационный перенос учитывается с помощью введения источникового члена в уравнение энергии, для вычисления которого использовалось модифицированное P1-приближение Immersol [18]. Отличие модели Immersol от известного и широко используемого в инженерных приложениях P1-приближения заключается в наличии дополнительного коэффициента ослабления в результате влияния геометрии рабочего пространства на радиационный теплообмен (РТО). Для определения указанного коэффициента используется дифференциальное уравнение.

При решении задач о возникновении лесных пожаров необходимо поставить начальные и граничные условия. Считаем, что в начальный момент времени параметры состояния среды совпадают с невозмущенными значениями:

$$t=0: T = T_e, u_1 = 0, u_2 = 0, u_3 = 0, c = 0; \quad (2.2.10)$$

$$x_1 = -x_{1e}: u_1 = V_e, u_2 = 0, u_3 = 0, T = T_e, c = c_e; \quad (2.2.11)$$

$$x_1 = x_{1e}: \frac{\partial u_1}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial u_2}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial u_3}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial c}{\partial x_1} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_1} = 0; \quad (2.2.12)$$

$$x_2 = -x_{2e}: \frac{\partial u_1}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial u_2}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial u_3}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial c}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_2} = 0; \quad (2.13)$$

$$x_2 = x_{2e}: \frac{\partial u_1}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial u_2}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial u_3}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial c}{\partial x_2} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_2} = 0; \quad (2.2.14)$$

$$x_3 = X_{3e}: \frac{\partial u_i}{\partial x_3} = 0, i=1,2,3, \frac{\partial c}{\partial x_3} = 0, \frac{\partial T}{\partial x_3} = 0 \quad (2.2.15)$$

$$x_3 = 0: u_1=0, u_2=0, u_3= v_3(x_1, x_2), c=c(x_1, x_2), T=T(x_1, x_2) \quad (2.2.16)$$

Значения функций в очаге зажигания на напочвенном покрове задаются в зависимости от времени.

$$T = \begin{cases} T_G, & |x_1| < \Delta x, |x_2| < \Delta y; \\ T_e, & \end{cases} \quad (2.2.17)$$

$$v_3 = \begin{cases} v_G, & |x_1| < \Delta x, |x_2| < \Delta y; \\ 0, & \end{cases} \quad (2.2.18)$$

В представленной выше системе уравнений, начальных и граничных условиях используются следующие обозначения: t , x_i – временная и пространственные координаты; ρ – плотность среды, кг / м³; p – давление; T – температура газовой фазы; c – массовые концентрации; u_j – компоненты вектора скорости в проекции на оси декартовой системы координат; g – ускорение свободного падения; G – скорость генерации кинетической энергии; $D_{эфф}$ – эффективный коэффициент диффузии; $\alpha_{эфф}$ – эффективный коэффициент вязкости; $\lambda_{эфф}$ – эффективный коэффициент теплопроводности; K – кинетическая энергия турбулентности; ε – скорость диссипации энергии турбулентности; P_K – источниковый член в уравнении для k .

2.3 Метод решения

Исследование процесса возникновения и развития лесных пожаров с помощью математической модели, основывается на численном решении системы дифференциальных уравнений в частных производных с соответствующими начальными и граничными условиями, которые зависят от конкретной задачи. Чтобы получить дискретные аналоги, нужно использовать различные численные методы. В результате получается система алгебраических уравнений, которая и называется дискретным аналогом.

Для численного решения задачи описания процесса тепломассопереноса в заданной области применяем программное обеспечение PHOENICS [19], в котором используется метод контрольного объема. Метод контрольных объёмов — численный метод интегрирования систем дифференциальных уравнений в частных производных. Основная идея метода

контрольного объема легко понятна и поддается прямой физической интерпретации. Расчетную область разбивают на некоторое число непересекающихся контрольных объемов таким образом, что каждая узловая точка содержится в одном контрольном объеме. Дифференциальное уравнение интегрируют по каждому контрольному объему [20].

2.4 Результаты решения задачи

В рассматриваемой задаче задавался лесной пожар размером 50×25 м и деревянное строение размером $20 \times 50 \times 20$. В данной работе в результате математического моделирования были получены границы, на котором следует расставлять деревянные постройки в зависимости от скорости ветра, чтобы не возникло возгорание. Из литературных источников было выявлено, что возгорание древесины происходит при температуре 300°C [25].

результате численного интегрирования получены поля температур для разных скоростей и при различных расстояниях постройки от лесного массива. Результаты представлены графически на рисунках для скоростей ветра 7, 9, 11 и 13 м/с. Из рисунков видно, что изучалось влияние скорости ветра и расстояния, на котором следует располагать деревянные постройки, чтобы не случилось возгорания. Результаты расчётов могут быть использованы для оценки теплового воздействия на здания, находящиеся в лесном массиве при лесных пожарах.

Измерения с течением времени проводилось на кровле крыши, при этом данные записывали с наивысшим показателем температуры на данной линии (рисунок 2.1)

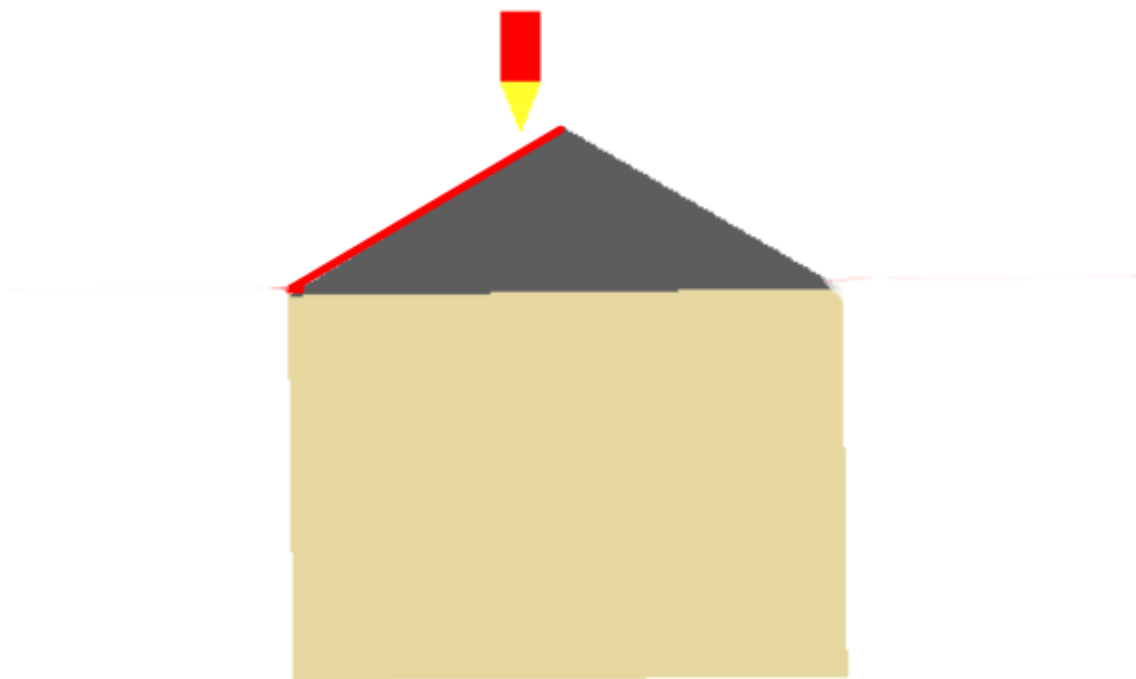


Рисунок 2.2– Линия измерения температуры на здании

В начале в ПО PHOENICS задавалась скорость ветра 7м/с и расстояние от очага пожара 40 метров. Затем программу запускали для численного решения поставленной задачи. Распределение температур представлено на рисунке 2.2

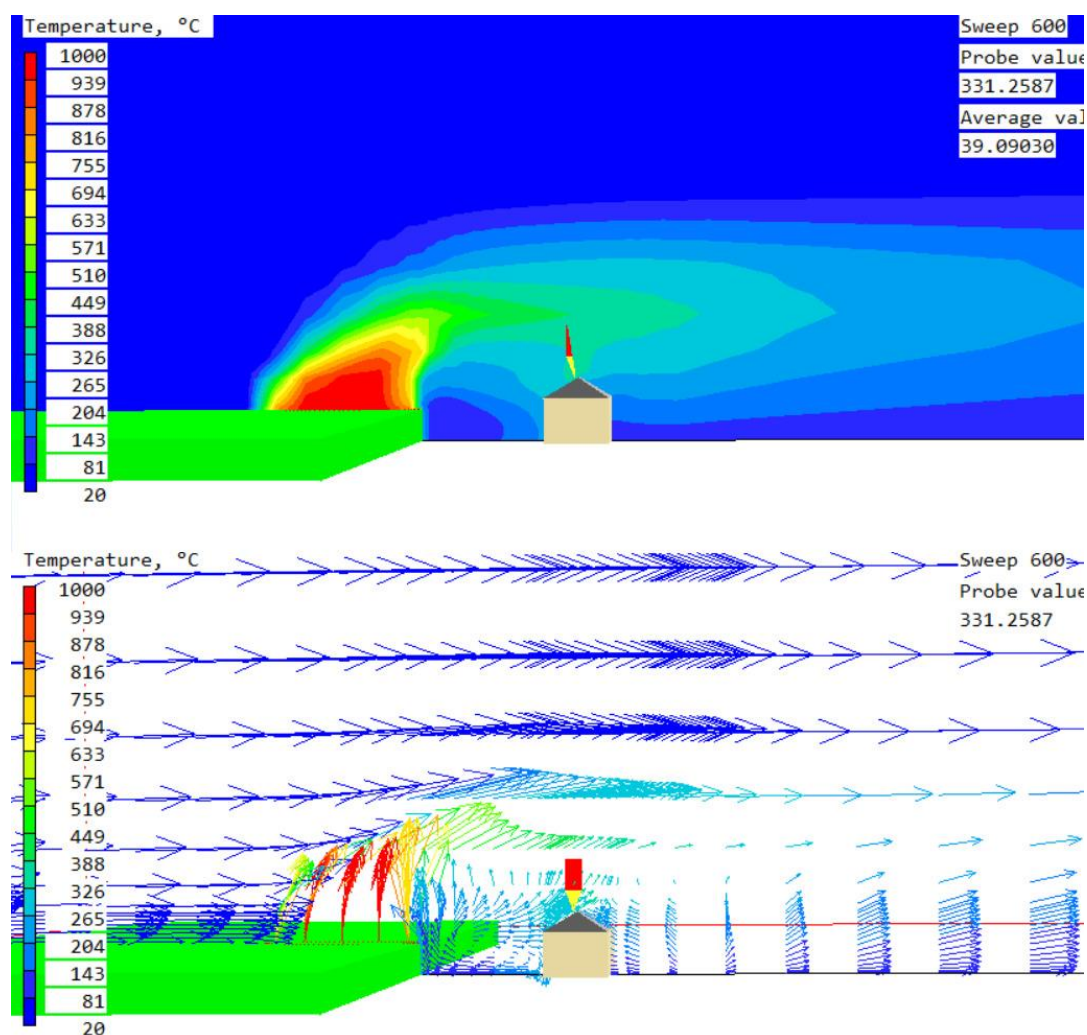


Рисунок 2.3– Распределение поля температур и полей скорости, при скорости ветра 7м/с и расстоянии 40 метров от очага пожара

Из представленных данных на рисунке, температура в наивысшей точке составила 331°C. Из чего можно сделать вывод что строение, находящееся на расстоянии 40 метров при ветре 7м/с подвергается возгоранию. Связи с этим нужно увеличить расстояние от очага пожара, передвинув строение еще на 10 метров.

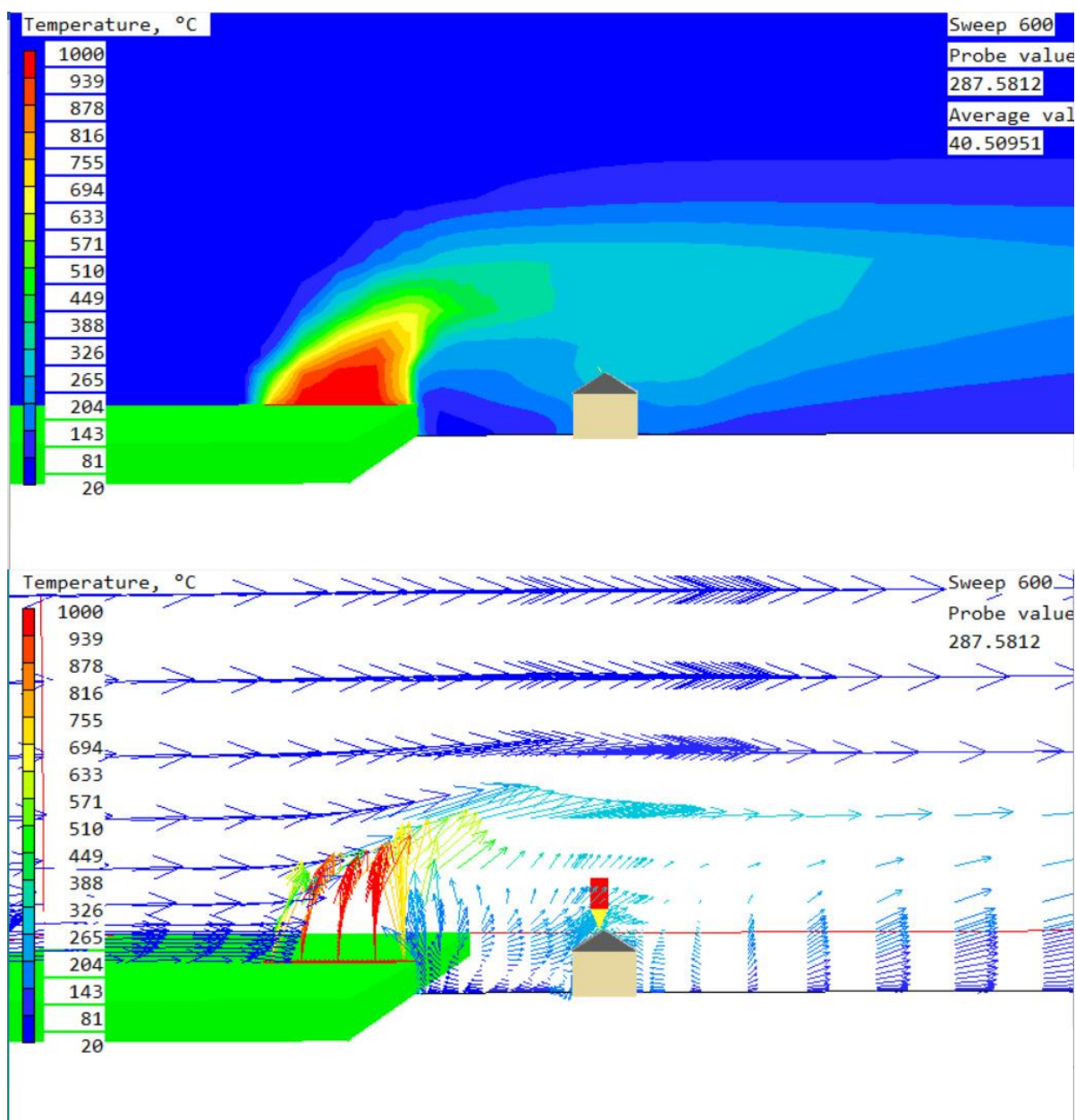


Рисунок 2.4– Распределение поля температур и полей скорости, при скорости ветра 7м/с и расстоянии 50 метров от очага пожара.

Как видно из рисунка наивысший показатель температуры равен 287°С, что означает расстояние 50 метров от очага пожара является безопасным.

Дальше определение при скорости ветра 9м/с. Начал измерение с расстояния 50 метров от очага пожара.

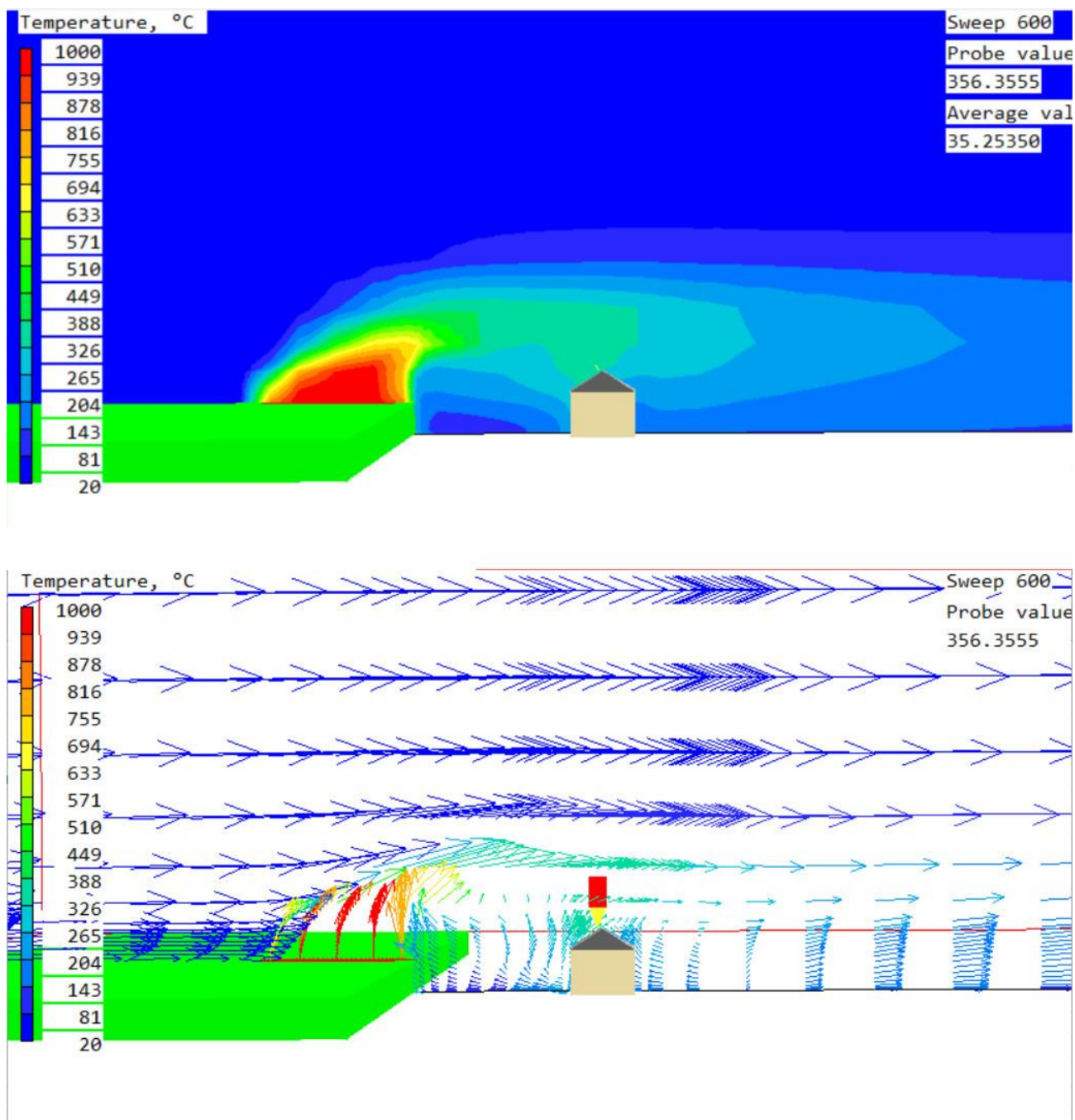


Рисунок 2.5– Распределение поля температур и полей скорости.
при скорости ветра 9м/с и расстоянии 50 метров от очага пожара.

Данные на рисунке, показывают, что наивысшая температура равна 356°C, из чего можно сделать вывод что строение, находящееся на расстоянии 50 метров при ветре 9м/с подвергается возгоранию. Связи с этим увеличиваю расстояние от очага пожара, передвинув строение еще на 10 метров.

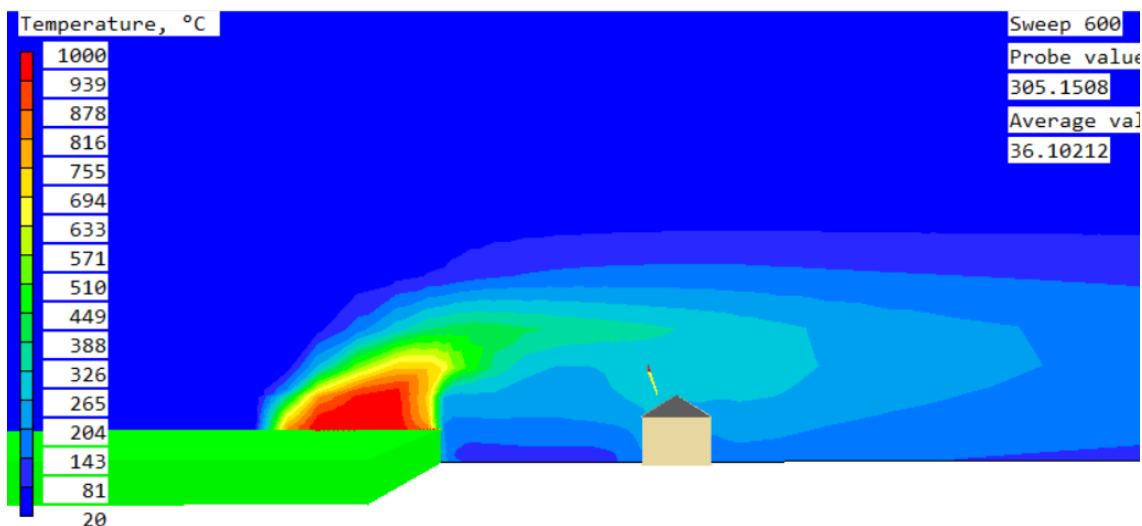


Рисунок 2.6– Распределение полей температур при скорости ветра 9м/с и расстоянии 60 метров от очага пожара.

Поставив здание на расстоянии 60 метров от очага пожара, заметно по данным из рисунка что возгорание произойдет при температуре 305°C что означает расстояние ~65 метров будет безопасным для скорости ветра 9м/с.

Дальше аналогичном предыдущим расчетом делаем для скорости ветра 11м/с. Расстояние не менял, оставив 60 метров от пожара.

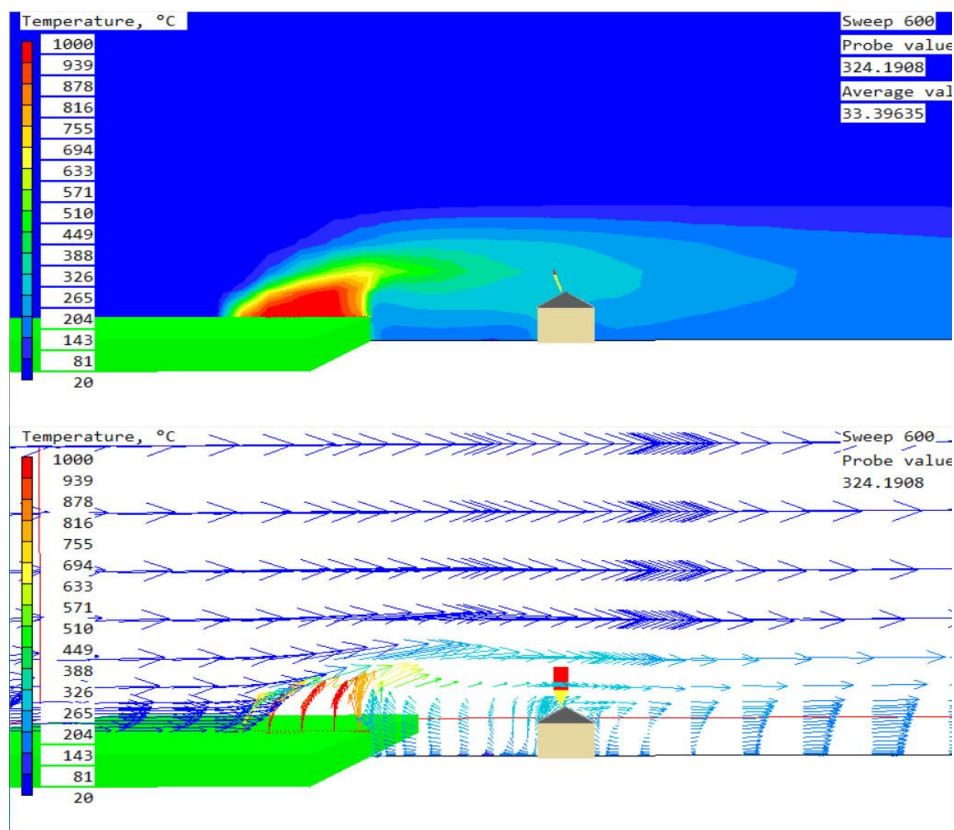


Рисунок 2.7– Распределение поля температур и полей скорости. при скорости ветра 9м/с и расстоянии 60 метров от очага пожара.

Данные на рисунке, показывают, что наивысшая температура равна 324°C , из чего можно сделать вывод что строение, находящееся на расстоянии 60 метров при ветре 9 м/с подвергается возгоранию. Связи с этим увеличиваю расстояние от очага пожара, передвинув строение еще на 10 метров.

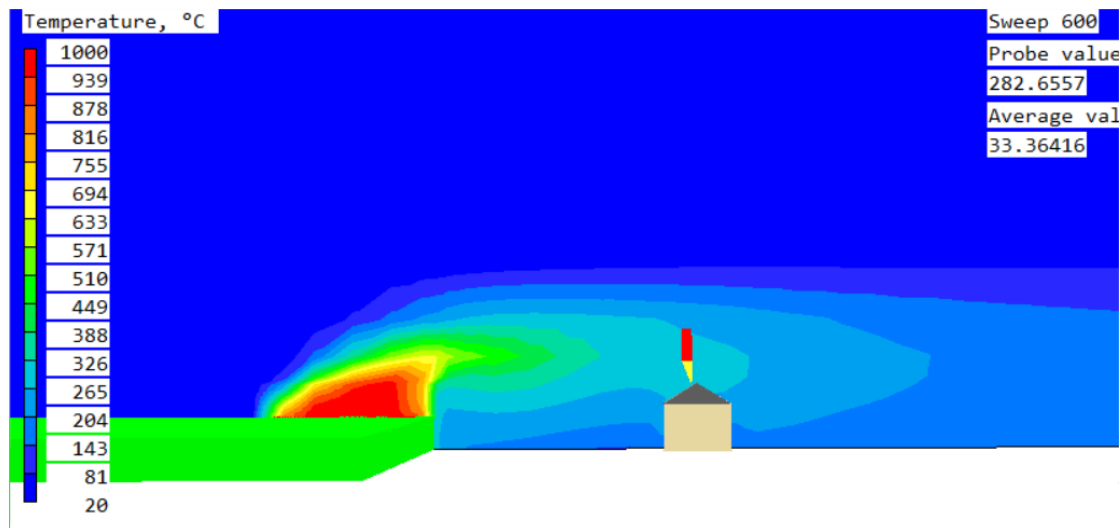


Рисунок 2.8– Распределение полей температур при скорости ветра 11 м/с и расстоянии 70 метров от очага пожара.

Как видно из рисунка наивысший показатель температуры равен 282°C , что означает расстояние 70 метров от очага пожара является безопасным расстоянием.

Дальше определение при скорости ветра 13 м/с . Начал измерение с расстояния 70 метров от очага пожара.

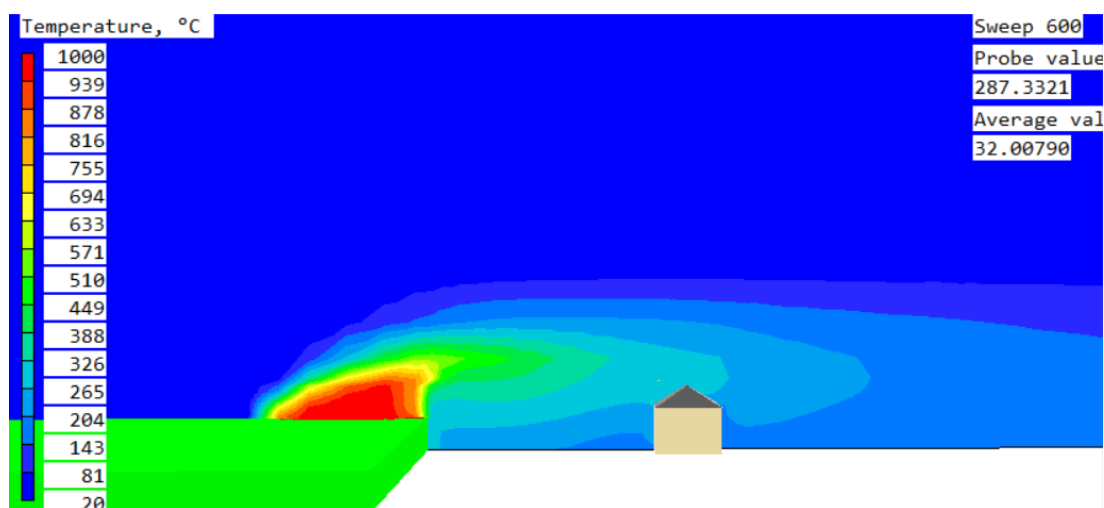


Рисунок 2.9– Распределение полей температур при скорости ветра 13 м/с и расстоянии 70 метров от очага пожара.

Как видно из рисунка наивысший показатель температуры равен 287°C , что означает расстояние 70 метров от очага пожара является безопасным расстоянием.

Получив распределения температур и скорости на поверхности здания, была построена зависимость температур на кровле здания размерами $20 \times 50 \times 20$ метров для скоростей ветра от 7 до 13 м/с.

Результаты представлены на рисунке 9.

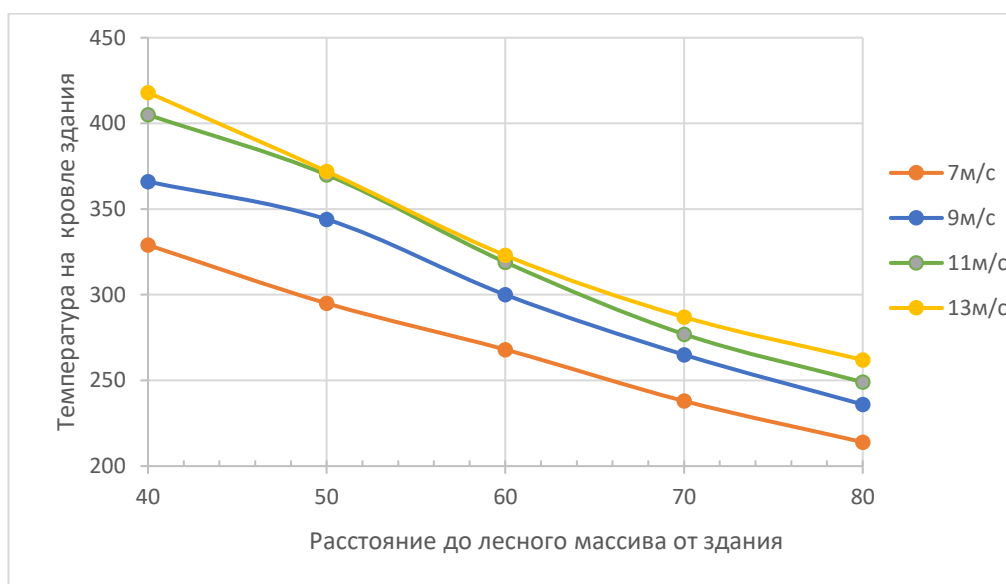


Рисунок 2.10 – Распределение температуры на расстоянии 80 метров от очага возгорания

А также нашли граничные расстояния, при которых произойдет возгорания при разных скоростях ветра.

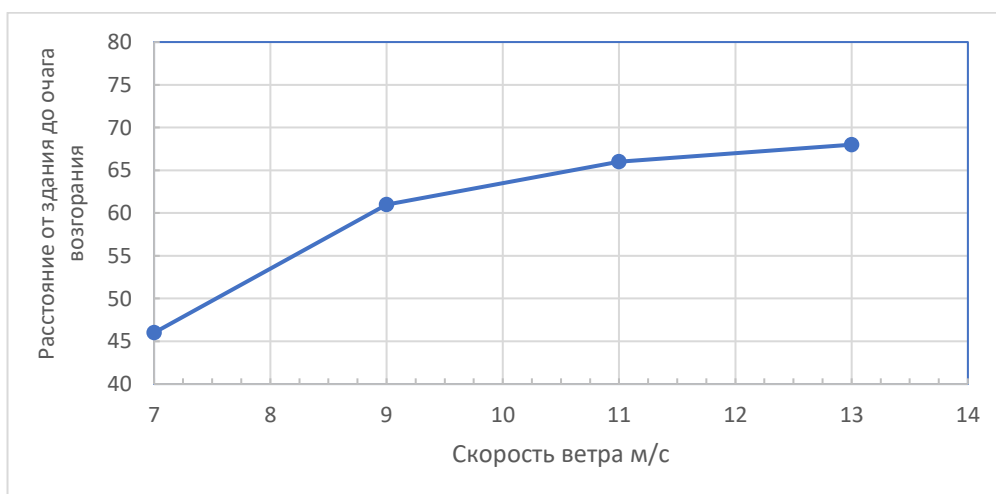


Рисунок 2.11– Зависимость расстояний от скорости ветра, при которых произойдет возгорание

Сделаем вывод исходя из данных численных расчетов.

Проанализировав данные, можно сделать вывод:

1. Безопасная граница для сооружения при ветре в 7 м/с начинается с 45-47 метров
2. Безопасная граница для сооружения при ветре в 9 м/с начинается с 61-62 метров
3. Безопасная граница для сооружения при ветре в 11 м/с начинается с 66-67 метров
4. Безопасная граница для сооружения при ветре в 13 м/с начинается с 68-69 метров.

3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.

3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Суть выпускной квалификационной работы по теме «Определение безопасных расстояний при воздействии лесных пожаров на здания и сооружения» заключается в моделировании ситуации возгораний в лесу с помощью программного обеспечения PHOENICS и получении распределения температуры очага в объеме в разные моменты времени на всей определяемой зоне.

В ходе определения целей работы были определены следующие задачи:

- выявить потенциальных потребителей результатов исследования;
- сделать анализ конкурентных технических решений;
- провести SWOT-анализ;
- распланировать структуру работы в рамках научного исследования;
- определить трудоемкость работ;
- разработать график проведения научного исследования;
- рассчитать бюджет научно-технического исследования (НТИ);
- оценить эффективность исследования.

Потенциальными потребителями результатов исследования могут быть специализированные организации по проектированию помещений, ГУ МЧС, прогнозирующие организации.

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения, а также помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы повысить конкурентоспособность исследования.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработки)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{к1}	Б _{к2}	Б _{к3}	К _{к1}	К _{к2}	К _{к3}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Удобство эксплуатации	0,07	3	2	4	0,21	0,14	0,28
Автоматический расчет уравнений программой	0,08	5	3	5	0,4	0,24	0,4
Простота эксплуатации	0,18	3	4	5	0,54	0,72	0,9
Качество интеллектуального интерфейса	0,1	4	4	5	0,4	0,4	0,5
Визуальное представление результатов	0,17	5	2	5	0,85	0,34	0,85
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,09	4	3	3	0,36	0,27	0,27
Точность	0,14	5	5	5	0,7	0,7	0,7
Финансирование разработки	0,07	4	2	3	0,28	0,14	0,21
Цена лицензии	0,1	5	2	3	0,5	0,2	0,3
Итого	1	38	27	38	4,24	3,15	4,41

где K_1 – программное обеспечение HyperSuite (HYPER3D); K_2 – программа Matlab, K_3 – программное обеспечение PHOENICS.

Таким образом, конкурентоспособность разработки составила 4,41, в то время как двух других программ (HyperSuite и Matlab) 4,24 и 3,15 соответственно.

Результаты показывают, что данная научно-исследовательская разработка является конкурентоспособной и имеет преимущества по таким показателям, как простота эксплуатации, качество интеллектуального интерфейса.

3.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

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

В рамках третьего этапа лежит составление итоговой матрицы SWOT-анализа. Результаты учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках исследования.

Таблица 3.2 – SWOT-анализ

	Сильные стороны научноисследовательского проекта: С1. Более низкая стоимость, по сравнению с другими технологиями. С2. Использование современного оборудования С3. Наличие опытного руководителя. С4. Представление полученных результатов наглядно (графики, формулы, таблицы). С5. Актуальность программы	Слабые стороны научноисследовательского проекта: Сл1. Отсутствие квалифицированных кадров для работы с программой. Сл2. Время, затрачиваемое на расчет в программе и построение графиков (60-100 минут). Сл3. Отсутствие дополнительных функций в программе. Сл4. Ограниченная область применения. Сл5. Медленный процесс вывода на рынок новой технологии.
Возможности: В1. Повышение стоимости конкурентных разработок В2. Появление дополнительного спроса на новый продукт В3. Повышение уровня предотвращения загрязнения экосистем. В4. Повышение уровня оперативного реагирования спец. служб. В5. Повышение уровня локализации загрязнения.	- В результате низкой стоимости продукт могут позволить себе многие организации; - В результате использования современных технологий повысится скорость локализации экологического загрязнения; - При вышеперечисленных возможностях мы добьемся наглядного распространения загрязнения и его более быстрой локализации.	- При отсутствии навыков владения программой, результаты будут неточными или в корне неверны, вследствие чего модель распространения будет отличаться от действительной ситуации.

Продолжение таблицы 3.2 – SWOT-анализ

Угрозы: У1. Неумение персонала пользоваться программой. У2. Появление конкурентов. У3. Появление новых технологий. У4. Отсутствие спроса на разработку. У5. Введение дополнительных государственных требований и сертификации на разработку.	- Спрос программы не будет теряться из-за финансовой выгоды моделирования, в сравнении с экспериментальными методами прогнозирования, т.к. подобные методы опасны для экологии и несут колоссальные материальные затраты. - В силу малых затрат проекта представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в развитие других услуг, таких как сертификация.	- Расширить области применения разработки; - Сократить время подсчета программой.
--	--	--

Второй этап – выявление соответствия сильных и слабых сторон научно исследовательского проекта.

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта					Слабые стороны проекта				
		C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	Сл ₁	Сл ₂	Сл ₃	Сл ₄	Сл ₅
Возможности проекта	B ₁	+	-	0	-	+	+	+	+	+	0
	B ₂	+	-	-	+	0	-	-	-	-	0
	B ₃	-	+	+	+	+	0	-	-	0	-
	B ₄	-	+	+	+	+	0	-	-	0	-
	B ₅	-	+	+	+	+	0	-	-	0	-
Угрозы проекта	У1	+	+	+	0	-	+	-	+	-	0
	У2	-	+	+	-	0	+	+	0	+	+
	У3	0	+	+	0	-	+	+	+	+	0
	У4	-	+	+	-	0	+	+	+	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие:

- сильных сторон и возможностей: B₁C₁C₅, B₂C₁C₄, B₃B₄B₅C₂C₃C₄C₅;
- слабых сторон и возможностей: B₁C_{л1}C_{л2} C_{л3}C_{л4};
- сильных сторон и угроз: У₁C₁C₂C₃, У₂C₂C₃, У₃У₄C₂C₃, У₅C₂C₅;
- слабых сторон и угроз: У₁C_{л1}C_{л3}, У₂C_{л1}C_{л2}C_{л4}C_{л5}, У₃У₄C_{л1}C_{л2}C_{л3}C_{л4}, У₅C_{л5}.

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

В данном пункте необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 3.4 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы ВКР	Руководитель
	2	Календарное планирование ВКР	Студент
Выбор направления исследования	3	Подбор материала по теме ВКР	Студент
Теоретические исследования	4	Изучение литературы по теме ВКР	Студент
	5	Написание теоретической части ВКР	Руководитель, студент
	6	Подведение промежуточных итогов	Студент
	7	Изучение компьютерной программы для практической части ВКР	Студент
Экспериментальные исследования	8	Моделирование распространения лесного пожара в программном обеспечении «PHOENICS»	Руководитель, студент
	9	Проведение расчетов и обоснований по теме ВКР	Руководитель, студент
Оценка полученных результатов	10	Анализ полученных результатов	Руководитель, студент
	11	Подведение итогов	Студент
	12	Оформление итогового варианта ВКР	Студент

3.2.2 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 значения трудоемкости $t_{ожи}$ используется следующая формула:

$$t_{ожи} = \frac{3t_{мини} + 2t_{махи}}{5} \quad (3.1)$$

где $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, чел.-дн.; $t_{мини}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.; $t_{махи}$ – 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_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, т.к. удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожи}}{ч_i}, \quad (3.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.; $t_{ожи}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ки} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (3.3)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях; T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях; $k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} \quad (3.4)$$

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.

Таблица 3.5 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{mini} , челдни	t_{maxi} , челдни	$t_{\text{ожi}}$, челдни			
Составление и утверждение темы проекта	3	7	4,6	Руководитель	4,6	6,9
Анализ актуальности темы	2	5	3,2	Студент	3,2	4,7
Поиск и изучение материала по теме	15	30	21	Студент	21	31,0
Выбор направления исследований	2	5	3,2	Руководитель, студент	1,6	2,4
Изучение литературы по теме	20	30	24	Студент	24	35,5
Подбор нормативных документов	15	25	19	Студент	19	28,1
Изучение ПО «PHOENICS»	10	20	14	Руководитель, студент	9,3	13,8
Моделирование лесного пожара и определение	30	35	32	Руководитель, студент	21,3	31,5

безопасных расстояний						
Изучение результатов	10	12	10,8	Руководитель, студент	7,2	10,6
Анализ результатов	2	5	3,2	Студент	3,2	4,7
Вывод по цели	1	3	1,8	Студент	1,8	2,7

На основании таблицы 3.5 строим календарный план-график 3.6.

Календарный план-график приведен в Приложении А.

3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением.

3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (3.5)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, используемых при выполнении научного исследования; $N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.); Π_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.); k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 3.6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (ЗМ), руб.
Бумага	лист	200	2,5	600
Краска для принтерных картриджей	шт.	1	1250	1500
Интернет	мес.	3	350	1260

Книги с дополнительной литературой	шт.	1	450	540
Ручки	шт.	1	80	96
Тетради	шт.	1	100	120
Итого				4116

3.4.2 Расчет материальных затрат НТИ

Стоимость программного обеспечения (ПО), используемого при выполнении данной научно-исследовательской работы, учитывается в калькуляции в виде амортизационных отчислений. Определить годовую величину амортизационных отчислений методом уменьшаемого остатка можно так:

$$K = \left(\frac{1}{n} \right) \cdot 100\%, \quad (3.6)$$

где K – годовая величина амортизационных отчислений; n – срок эксплуатации в годах.

Размер ежемесячных расходов будущих периодов в течение 3-х лет эксплуатации ПО:

$$A = \frac{C \cdot K}{12}, \quad (3.7.1)$$

где A – размер ежемесячных расходов будущих периодов; C – первичная стоимость имущества.

Таблица 3.7 – Расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для научных работ

№ п/п	Наименование ПО	Стоимость ПО, руб.	Размер ежемесячных расходов, руб.	Размер расходов за 3 месяца, руб.
1.	Программное обеспечение «PHOENICS»	4500	125	375
2.	MicrosoftOffice	3250	90	270
Итого				645

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле (3.7.2):

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}},$$

(3.7.1)

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость, руб;

$T_{\text{пи}}$ – время полезного использования, год.

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу (3.8.2).

Таблица 3.8 – Затраты на оборудование для научно-экспериментальных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационных отчислений,руб.
1	Ноутбук Acer Aspire 5 A515-55-5921	2	54999	9166.5
Итого		2	109998	9166.5

3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоем- кость, чел.- дн.	Заработная плата на один чел.-	Всего заработная плата по тарифу
-----------	------------------------	---------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	---

				дн., тыс. руб	(окладам), тыс. руб.
1.	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель	4,6	1,207	5,6
2.	Анализ актуальности темы	Студент	3,2	0,167	0,5
3.	Поиск и изучение материала по теме	Студент	21	0,167	3,5
4.	Выбор направления исследований	Руководитель, студент	3,2	1,374	4,4
5.	Изучение литературы по теме	Студент	24	0,167	4,0
6.	Подбор нормативных документов	Студент	19	0,167	3,2
7.	Изучение ПО «PHOENICS»	Руководитель, студент	14	1,374	19,2
8.	Моделирование лесного пожара и определение безопасных расстояний	Руководитель, студент	32	1,374	44,0
9.	Изучение результатов	Руководитель, студент	10,8	1,374	14,8
10.	Анализ результатов	Студент	3,2	0,167	0,5
11.	Вывод по цели	Студент	1,8	0,167	0,3
Итого					100

Проведем расчет заработной платы относительно того времени, в течение которого работал руководитель и студент.

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (3.8)$$

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

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

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p , \quad (3.9)$$

где T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;
 $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (3.10)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года ($M=10,4$ месяца, бдневная неделя); F_d – действительный годовой фонд рабочего времени науднотехнического персонала, раб. дн.

Таблица 3.10 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарные дни	365	365
Количество нерабочих дней (выходные и праздничные дни)	118	118
Потери рабочего времени (отпуск, невыходы по болезни)	92	92
Действительный годовой фонд рабочего времени	155	155

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (3.11)$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.; k_p – районный коэффициент ($k_p=1,3$).

Месячный оклад руководителя составляет 18000 рублей, студента – 2500 рублей, Консультант ЭЧ – 41766,4, а Консультант СО – 41766,4.

Таблица 3.11 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	$Z_{тс}$, руб.	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн	$Z_{осп}$, руб.
Руководитель	13850	1.3	18000	1207	155	78000
Студент	1923	1.3	2500	167	155	22000
Консультант ЭЧ	20080	1.3	41766,4	1772,9	6	10637.4

Консультант СО	20080	1.3	41766,4	1772,9	6	10637.4
-------------------	-------	-----	---------	--------	---	---------

3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}, \quad (3.12)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15). Таким образом, заработная плата руководителя равна 89700 рублей, студента – 25300 рублей, консультант ЭЧ – 12233, консультант СО – 12233.

3.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (3.13)$$

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

На 2021 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании п. 6 ч. 1 ст. 58 закона №212-ФЗ для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2021 году водится пониженная ставка – 30 %.

Таблица 3.12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	$З_{\text{осн}}$, руб.	$З_{\text{доп}}$, руб.	$З_{\text{внеб}}$, руб.
Руководитель	78000	11700	26910
Студент	22000	3300	7590
Консультант ЭЧ	10637,4	1595,6	3669,9
Консультант СО	10637,4	1595,6	3669,9
Итого	12274,8	18191,2	41839,8

3.4.6 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 5), \quad (3.14)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Таким образом, накладные расходы будут составлять: $Z_{\text{накл}} = 4116 \cdot 0,16 = 659$ руб.

3.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Таблица 3.13 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НТИ	4116	Пункт 1.4.1
2. Затраты на программное обеспечение для научных (экспериментальных) работ	645	Пункт 3.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	12274,8	Пункт 3.4.3
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	18191,2	Пункт 3.4.4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	41839,8	Пункт 3.4.5
6. Накладные расходы	659	Пункт 3.4.6
7. Бюджет затрат НТИ	58781	Сумма ст. 1-6

3.5 Определение эффективности исследования

В ходе исследования была выполнена цель – проектирование и создание конкурентоспособной разработки, представляющей собой модель безопасных расстояний для зданий.

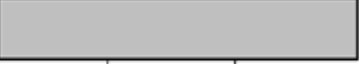
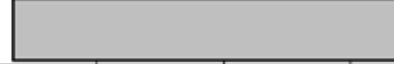
Потенциальными потребителями результата исследования могут быть специализированные проектировочные компании, ГУ МЧС, прогнозирующие организации и др.

Был проведен анализ конкурентных технических решений, где получен коэффициент исследования конкурентных показателей. Коэффициент является более высоким по сравнению с конкурирующими программами (HyperSuite и Matlab), с чего можно сделать вывод о том, что исследование, осуществляющееся в ПО PHOENICS, является наиболее эффективным.

В процессе исследования проведен SWOT-анализ и выявлены сильные и слабые стороны разработки, а также возможности и угрозы. Результаты SWOT анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

В данном разделе выпускной квалификационной работы была проведена оценка коммерческого потенциала и перспективности разработки, определена структура работ в рамках научного исследования, определена трудоемкость выполнения работ, построен график проведения научного исследования, подсчитан бюджет научного исследования равный.

Таблица 3.14– Календарный план-график проведения НИОКР по тем

№ п/п	Вид работ	Исполнители	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ							
				Март			Апрель			Май	
				1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель	6,9								
2	Анализ актуальности темы	Студент	4,7								
3	Поиск и изучение материала по теме	Студент	31,0								
4	Выбор направления исследований	Руководитель, студент	2,4		 						
5	Изучение литературы по теме	Студент	35,5								
6	Подбор нормативных документов	Студент	28,1								
7	Изучение ПО «PHOENICS»	Руководитель, студент	13,8			 					
8	Моделирование лесного пожара и определение безопасных расстояний	Руководитель, студент	31,5			 					
9	Изучение результатов знен яю- зг	Руководитель, студент	10,6						 		
10	Анализ результатов	Студент	4,7								
11	Вывод по цели	Студент	2,7								

 – научный руководитель  – студент

4. Социальная ответственность

Введение

Социальная ответственность - ответственность отдельного ученого и научного сообщества перед обществом. Первостепенное значение при этом имеет безопасность применения технологий, которые создаются на основе достижений науки, предотвращение или минимизация возможных негативных последствий их применения, обеспечение безопасного как для испытуемых, так и для окружающей среды проведения исследований.

В ходе данной работы были проведены разработка и исследование математической модели распространения продуктов горения при возгорании объекта. Работа выполнялась в лаборатории НИ ТПУ. Все работы выполнялись с использования компьютера. Раздел также включает в себя оценку условий труда на рабочем месте, анализ вредных и опасных факторов труда, разработку мер защиты от них.

4.1. Производственная безопасность

4.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Проанализируем микроклимат в помещении, где находится рабочее место. Микроклимат производственных помещений определяют следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Эти факторы влияют на организм человека, определяя его самочувствие.

Оптимальные и допустимые значения параметров микроклимата приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 4.1 - Оптимальные нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	19-23	40-60	0.1
Теплый	23-25		0.1

Таблица 2 - Допустимые нормы микроклимата

Период года	Температура воздуха, С°		Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
	Нижняя допустимая граница	Верхняя допустимая граница		
Холодный	15	24	20-80	<0.5
Теплый	22	28	20-80	<0.5

Температура в теплый период года 23-25 °С, в холодный период года 19-23 °С, относительная влажность воздуха 40-60 %, скорость движения воздуха 0,1 м/с.

Общая площадь рабочего помещения составляет 42 м², объем составляет 147 м³. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют 6,5 м² и 20 м³ объема на одного человека. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам.

После анализа габаритных размеров рассмотрим микроклимат в этой комнате. В качестве параметров микроклимата рассмотрим температуру, влажность воздуха, скорость ветра.

В помещении осуществляется естественная вентиляция посредством наличия легко открываемого оконного проема (форточки), а также дверного проема. По зоне действия такая вентиляция является общеобменной. Основным недостаток - приточный воздух поступает в помещение без предварительной очистки и нагревания. Согласно нормам, СанПиН

2.2.2/2.4.1340-03 объем воздуха необходимый на одного человека в помещении без дополнительной вентиляции должен быть более 40 м³. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 42 м³, из этого следует, что дополнительная вентиляция не требуется. Параметры микроклимата поддерживаются в холодное время года за счет систем водяного отопления с нагревом воды до 100 °С, а в теплое время года – за счет кондиционирования, с параметрами согласно. Нормируемые параметры микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям.

4.1.2. Превышение уровней шума

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается рабочим оборудованием, преобразователями напряжения, рабочими лампами дневного света, а также проникает снаружи. Шум вызывает головную боль, усталость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, память ухудшается, реакция уменьшается.

Основным источником шума в комнате являются компьютерные охлаждающие вентиляторы. Уровень шума варьируется от 35 до 42 дБА. Согласно СанПиН 2.2.2 / 2.4.1340-03, при выполнении основных работ на ПЭВМ уровень шума на рабочем месте не должен превышать 82 дБА.

При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть средства индивидуальной защиты (СИЗ) и средства коллективной защиты (СКЗ) от шума.

Средства коллективной защиты:

1. устранение причин шума или существенное его ослабление в источнике образования;
2. изоляция источников шума от окружающей среды (применение глушителей, экранов, звукопоглощающих строительных материалов);
3. применение средств, снижающих шум и вибрацию на пути их распространения.

Средства индивидуальной защиты:

1. применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

4.1.3. Повышенный уровень электромагнитных излучений

Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Монитор компьютера включает в себя излучения рентгеновской, ультрафиолетовой и инфракрасной области, а также широкий диапазон электромагнитных волн других частот. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50 см вокруг ВДТ не должна превышать 25 В/м в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц, 2,5 В/м в диапазоне от 2 до 400 кГц. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250 нТл, и 25 нТл в диапазоне от 2 до 400 кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500 В. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа Acer VN7-791 со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,5 В/м; поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.).

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человеческого организма наблюдаются сердечно-сосудистые, респираторные и нервные расстройства, головные боли, усталость, ухудшение состояния здоровья, гипотония, изменения сердечной мышцы проводимости. Тепловой эффект ЭМП характеризуется увеличением температуры тела, локальным селективным нагревом тканей, органов, клеток за счет перехода ЭМП на теплую энергию.

Предельно допустимые уровни облучения (по ОСТ 54 30013-83):

1. до 10 мкВт/см², время работы (8 часов);
2. от 10 до 100 мкВт/см², время работы не более 2 часов;

3. от 100 до 1000 мкВт/см², время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;
4. для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см².

Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

СКЗ

1. защита временем;
2. защита расстоянием;
3. снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
4. экранирование источника;
5. защита рабочего места от излучения.

СИЗ

1. 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.
2. Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова (SnO₂).

4.1.4. Поражение электрическим током

К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50 Гц. По опасности электропоражения комната относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует повышенная влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения токоведущих элементов с заземленными металлическими корпусами оборудования.

Лаборатория относится к помещению без повышенной опасностью поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются: $I < 0,1$

$A; U < (2-36) B; R_{\text{зазем}} < 4 \text{ Ом}$. В помещении применяются следующие меры защиты от поражения электрическим током: недоступность токоведущих частей для случайного прикосновения, все токоведущие части изолированы и ограждены. Недоступность токоведущих частей достигается путем их надежной изоляции, применения защитных ограждений (кожухов, крышек, сеток и т.д.), расположения токоведущих частей на недоступной высоте.

Каждому необходимо знать меры медицинской помощи при поражении электрическим током. В любом рабочем помещении необходимо иметь медицинскую аптечку для оказания первой медицинской помощи.

Поражение электрическим током чаще всего наступает при небрежном обращении с приборами, при неисправности электроустановок или при их повреждении.

Для освобождения пострадавшего от токоведущих частей необходимо использовать непроводящие материалы. Если после освобождения пострадавшего из-под напряжения он не дышит, или дыхание слабое, необходимо вызвать бригаду скорой медицинской помощи и оказать пострадавшему доврачебную медицинскую помощь:

1. обеспечить доступ свежего воздуха (снять с пострадавшего стесняющую одежду, расстегнуть ворот);
2. очистить дыхательные пути;
3. приступить к искусственной вентиляции легких (искусственное дыхание);
4. в случае необходимости приступить к непрямому массажу сердца.

Любой электроприбор должен быть немедленно обесточен в случае:

- возникновения угрозы жизни или здоровью человека;
- появления запаха, характерного для горящей изоляции или пластмассы;
- появления дыма или огня;
- появления искрения;
- обнаружения видимого повреждения силовых кабелей или коммутационных устройств.

Для защиты от поражения электрическим током используют СИЗ и СКЗ.

Средства коллективной защиты:

1. зануление источников электрического тока;
2. заземление электрооборудования;
3. разделение электрических цепей с помощью разделительных трансформаторов;
4. использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты:

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

4.1.5 Освещенность

Согласно СНиП 23-05-95 в лаборатории, где происходит периодическое наблюдение за ходом производственного процесса при постоянном нахождении людей в помещении освещенность при системе общего освещения не должна быть ниже 300 Лк.

Правильно спроектированное и выполненное освещение обеспечивает высокий уровень работоспособности, оказывает положительное психологическое действие на человека и способствует повышению производительности труда.

На рабочей поверхности должны отсутствовать резкие тени, которые создают неравномерное распределение поверхностей с различной яркостью в поле зрения, искажает размеры и формы объектов различия, в результате повышается утомляемость и снижается производительность труда.

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения (факел плазмы в камере с катализатором) применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки на

должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен. Длина помещения $A = 7$ м, ширина $B = 6$ м, высота = 3,5 м. Высота рабочей поверхности над полом $h_p = 1,0$ м. Согласно СНиП 23-05-95 необходимо создать освещенность не ниже 150 лк, в соответствии с разрядом зрительной работы.

Площадь помещения:

$$S = A \times B,$$

где A – длина, м;

B – ширина, м.

$$S = 7 \times 6 = 42 \text{ м}^2$$

Коэффициент отражения свежепобеленных стен с окнами, без штор $\rho_c = 50\%$, свежепобеленного потолка $\rho_p = 70\%$. 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 лампу дневного света ЛД-40, световой поток которой равен $\Phi_{ЛД} = 2600$ Лм.

Выбираем светильники с люминесцентными лампами типа ОДОР-2-40. Этот светильник имеет две лампы мощностью 40 Вт каждая, длина светильника равна 1227 мм, ширина – 265 мм.

Интегральным критерием оптимальности расположения светильников является величина λ , которая для люминесцентных светильников с защитной решёткой лежит в диапазоне 1,1–1,3. Принимаем $\lambda = 1,1$, расстояние светильников от перекрытия (свес) $h_c = 0,3$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = h_n - h_p,$$

где h_n – высота светильника над полом, высота подвеса,

h_p – высота рабочей поверхности над полом.

Наименьшая допустимая высота подвеса над полом для двухламповых светильников ОДОР: $h_n = 3,5$ м.

Высота светильника над рабочей поверхностью определяется по формуле:

$$h = H - h_p - h_c = 3,5 - 1 - 0,5 = 2,0 \text{ м}$$

Расстояние между соседними светильниками или рядами определяется по формуле:

$$L = \lambda - h = 1,1 \times 2 = 2,2 \text{ м}$$

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{6}{2,2} = 2,73 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

$$Na = \frac{A}{L} = \frac{7}{2,2} = 3,2 \approx 3$$

Общее число светильников:

$$N = Na \times Nb = 3 \times 3 = 9$$

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

$$l = \frac{L}{3} = \frac{2,2}{3} = 0,7 \text{ м}$$

Размещаем светильники в три ряда. На рисунке изображен план помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

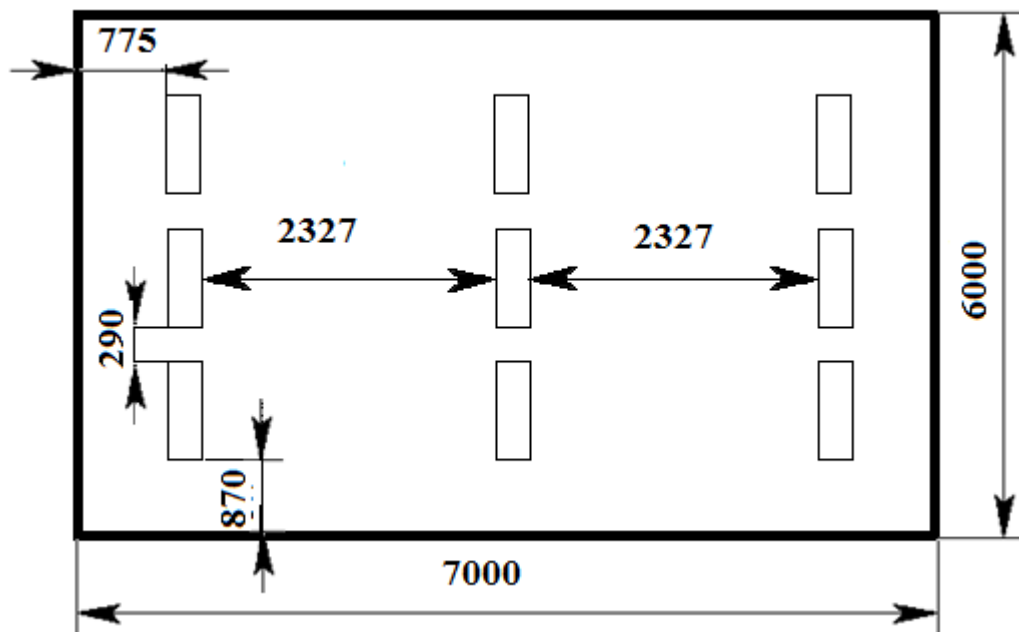


Рисунок 4.1– План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{A \times B}{h \times (A + B)} = \frac{7 \times 6}{2,0 \times (7 + 6)} = 1,6$$

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 $i = 1,6$ равен $\eta = 0,47$.

Потребный световой поток группы люминесцентных ламп светильника определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \times S \times K_3 \times Z}{N \times \eta} = \frac{300 \times 42 \times 1,5 \times 1,1}{18 \times 0,47} = 2457,44 \text{ лм}$$

Делаем проверку выполнения условия:

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

$$\frac{\Phi_{\text{лд}} - \Phi_{\text{п}}}{\Phi_{\text{лд}}} \times 100\% = \frac{2600 - 2457,44}{2600} \times 100\% = 5,5\%$$

Таким образом, мы получили, что необходимый световой поток не выходит за пределы требуемого диапазона. Теперь рассчитаем мощность осветительной установки:

$$P = 18 \times 40 = 720 \text{ Вт}$$

4.1.6 Пожарная опасность

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.

Согласно НПБ 105-03 лаборатория относится к категории В– горючие и трудно горючие жидкости, твердые горючие и трудно горючие вещества и материалы, вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть, при условии, что помещения, в которых находится, не относятся к категории наиболее опасных А или Б.

По степени огнестойкости данное помещение относится к 1-й степени огнестойкости по СНиП 2.01.02-85 (выполнено из кирпича, которое относится к трудно сгораемым материалам).

Возникновение пожара при работе с электронной аппаратурой может быть по причинам как электрического, так и неэлектрического характера.

Причины возникновения пожара неэлектрического характера: халатное неосторожное обращение с огнем (курение, оставленные без присмотра нагревательные приборы, использование открытого огня).

Причины возникновения пожара электрического характера: короткое замыкание, перегрузки по току, искрение и электрические дуги, статическое электричество и т. п.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды.

Огнетушители водо-пенные (ОХВП-10) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2) и порошковые огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000 В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5.

В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

1. специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении - соответствии с ГОСТ 12.4.021-75 и СНиП 2.04.05-86;
2. специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;
3. первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители ГОСТ 9230-77, пенные огнетушители ТУ 22-4720-80, ящики с песком, войлок, кошма или асбестовое полотно);
4. автоматические сигнализаторы (типа СВК-3 М 1) для сигнализации о присутствии в воздухе помещений до взрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

Лаборатория полностью соответствует требованиям пожарной безопасности, а именно, наличие охранно-пожарной сигнализации, плана эвакуации, изображенного на рисунке 2, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.

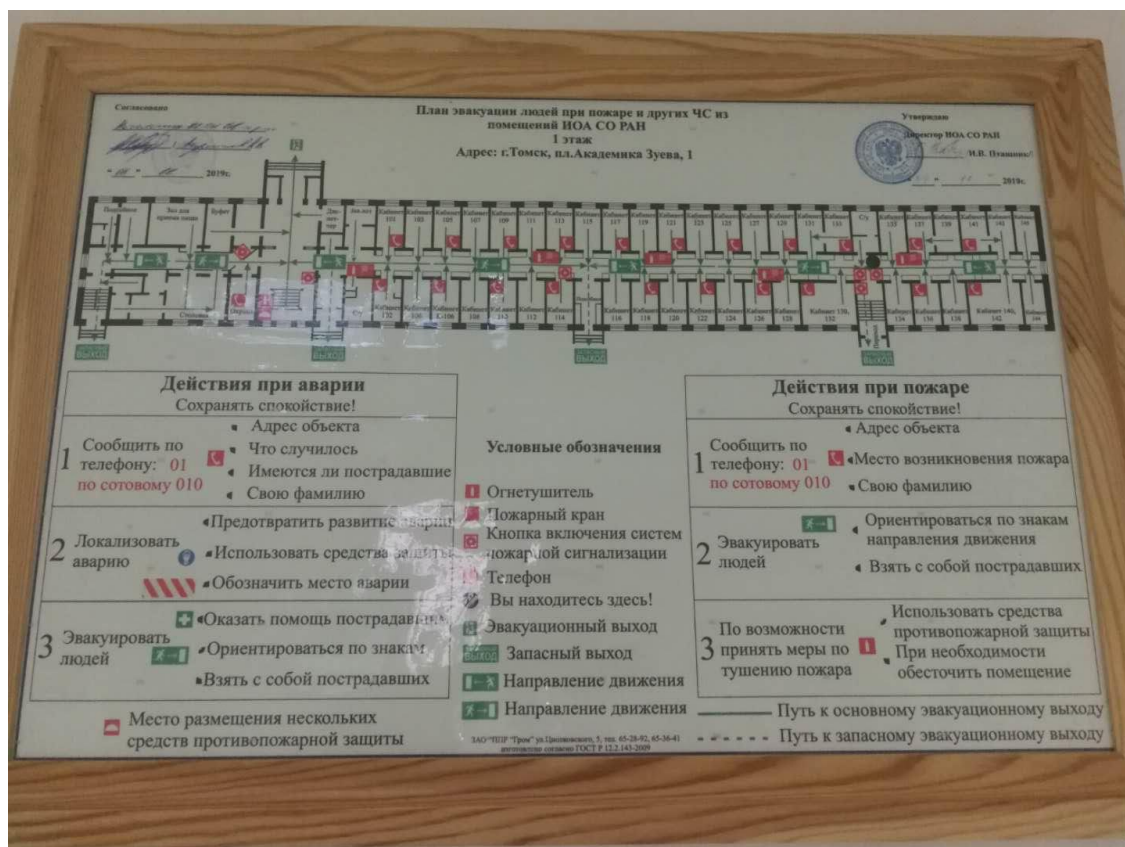


Рисунок 4.2– План эвакуации.

4.2 Экологическая безопасность

В компьютерах огромное количество компонентов, которые содержат токсичные вещества и представляют угрозу, как для человека, так и для окружающей среды.

К таким веществам относятся:

- свинец (накапливается в организме, поражая почки, нервную систему);
- ртуть (поражает мозг и нервную систему);
- никель и цинк (могут вызывать дерматит);
- щелочи (прожигают слизистые оболочки и кожу).

Поэтому компьютер требует специальных комплексных методов утилизации.

Перед утилизацией металлические составные части необходимо отсортировать по видам металла, утилизировать неметаллические части. Утилизация ламп осветительных приборов производится в специальных

пунктах приема на утилизацию. Сложность утилизации ламп обусловлено содержанием в них паров ртути. Лампы, подлежащие

утилизации, должны храниться в герметичной таре во избежание отравления тяжелыми металлами в случае повреждения лампы. После накопления ламп на 1 транспортную единицу их увозят по адресу: г. Томск, ул. Елизаровых, 49.

В этот комплекс мероприятий входят:

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;
- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке.
- Исходя из сказанного выше перед планированием покупки компьютера необходимо:
- побеспокоиться заранее о том, каким образом будет утилизирована имеющаяся техника, перед покупкой новой;
- узнать насколько новая техника соответствует современным эко-стандартам и примут ее на утилизацию после окончания срока службы.

Утилизировать оргтехнику, а не просто выбрасывать на «свалку» необходимо по следующим причинам:

Во-первых, в любой компьютерной и организационной технике содержится некоторое количество драгоценных металлов. Российским законодательством предусмотрен пункт, согласно которому все организации обязаны вести учет и движение драгоценных металлов, в том числе тех, которые входят в состав основных средств. За несоблюдение правил учета организация может быть оштрафована на сумму от 20000 до 30000 руб. (согласно ст. 19.14. КоАП РФ).

Во-вторых, предприятие также может быть оштрафовано за несанкционированный вывоз техники или оборудования на «свалку»;

Утилизируя технику, мы заботимся об экологии: количество не перерабатываемых отходов минимизируется, а такие отходы, как пластик, пластмассы, лом черных и цветных металлов, используются во вторичном производстве. Электронные платы, в которых содержатся драгметаллы, после переработки отправляются на аффинажный завод, после чего чистые

4.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Природная чрезвычайная ситуация – обстановка на определенной территории или акватории, сложившейся в результате возникновения источника природной чрезвычайной ситуации, который может повлечь или повлек за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей и (или) окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей.

Производство находится в городе Томске с континентально-циклоническим климатом. Природные явления (землетрясения, наводнения, засухи, ураганы и т. д.), в данном городе отсутствуют.

Возможными ЧС на объекте в данном случае, могут быть сильные морозы и диверсия.

Рассмотрены 2 ситуации ЧС:

1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте);

2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.

Природная ЧС:

Для Сибири в зимнее время года характерны морозы. Достижение критически низких температур приведет к авариям систем теплоснабжения и жизнеобеспечения, приостановке работы, обморожениям и даже жертвам среди населения. Для обеспечения устойчивой работы производства при авариях на электро-тепло-коммуникациях, водоканале и транспорте необходимо провести следующие мероприятия:

Для системы электроснабжения.

- обеспечить подключение предприятия к нескольким источникам питания, на расстоянии, исключающем возможность их одновременного поражения.

- обеспечить резерв автономных источников электроснабжения (передвижных бензогенераторов).

Для системы теплоснабжения.

- обеспечить защиту источников тепла изоляцией от внешней среды, произвести в случае необходимости заглубление коммуникаций в грунт;
- обеспечить кабинеты производства переносными обогревателями, для создания комфортных условий труда на рабочем месте.

Для системы водоснабжения.

- обеспечение водоснабжения объекта от нескольких систем или удаленных друг от друга независимых источников водоснабжения;
- обеспечить поставку на производство чистой воды для питьевых нужд.

При авариях на транспорте обеспечить персонал предприятия развозкой по основным направлениям движения автобусного транспорта до аварии.

Техногенная ЧС:

ЧС техногенного характера — это ситуации, которые возникают в результате производственных аварий и катастроф на объектах, транспортных магистралях и продуктопроводах; пожаров, взрывов на объектах.

Для предупреждения вероятности осуществления диверсии предприятие необходимо оборудовать системой видеонаблюдения, круглосуточной охраной, пропускной системой, надежной системой связи, а также исключения распространения информации о системе охраны объекта, расположении помещений и оборудования в помещениях, системах охраны, сигнализаторах, их местах установки и количестве. Должностные лица раз в полгода проводят тренировки по отработке действий на случай экстренной эвакуации.

ПЕРЕЧЕНЬ НТД

1. ГОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности
2. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты”
3. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны
4. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)".
5. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
6. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
7. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования.
8. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
9. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление.
10. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
11. ГОСТ 12.2.037-78. Техника пожарная. Требования безопасности
12. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к качеству атмосферного воздуха
13. ГОСТ 30775-2001 Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Классификация, идентификация и кодирование отходов.
14. СНиП 21-01-97. Противопожарные нормы.
15. ГОСТ 12.4.154. Система стандартов безопасности труда. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты. Общие технические требования, основные параметры и размеры

Заключение

В данной работе разработана математическая модель воздействия лесного пожара на здание. Проведены численные расчеты для определения расстояний от очага горения до здания, на которых возможно зажигание здания. Результаты расчетов визуализированы. В ходе проделанной работы были решены следующие задачи:

1. Разработана физическая и математическая постановка задачи по распространении природного пожара и его воздействия на здания и сооружения
2. Разработан алгоритм численного решения поставленной задачи с помощью программного обеспечения PHOENICS.
3. Проведены численные расчеты с помощью программного обеспечения PHOENICS.
4. Определены безопасные расстояния для зданий и сооружений
5. Результаты расчетов визуализированы

Представленный в работе подход позволяет описать процесс воздействия природных пожаров на здания и сооружения и определить безопасные расстояния для расположения различных объектов вблизи лесных массивов. В рамках представленной модели возможен учет влияния метеорологических условий, параметров лесного массива и характеристик очага лесного пожара.

Таким образом, все поставленные вопросы выполнены.

Список используемой литературы

1. Департамент лесного хозяйства Томской области [Электронный ресурс]/URL: <https://deples.tomsk.gov.ru/news/front/view/id/8790> (Дата обращения 7.05.21)
2. Курбатский Н.П. Терминология лесной пирологии // Вопросы лесной пирологии / ИЛиД СО АН СССР. Красноярск, 1972. С. 171—231.
3. Воробьев Ю. Л. Лесные пожары на территории России: Состояние и проблемы // Экологический журнал. 2009. № 3. С. 9-11
4. Чучуркина А.А., Станиславчик Ю.П. Лесные пожары: глядя из космоса // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Социально экономические и гуманитарные науки. 2012. № 7. С. 38-41.
5. Королев В.И. Указания по тушению пожара. М.: Воениздат. 1977. - С. 12-19.
6. Никищенко Н.Г., Овчинникова Т.В. Природные и антропогенные факторы возникновения лесных пожаров в Воронежской области //Вестник ВГУ. - 2007. - № 2. - С. 100-102.
7. Фёдорова Е.И. Лесные пожары в Томской области // Вестник ТГУ. 2010. № 2. С. 12-15.
8. Тушение лесных пожаров // Учебно-методическое пособие. –Архангельск: «служба спасения», 2017 – С. 106
9. Гришин А.М. Математические модели лесных пожаров и новые способы борьбы с ними. Новосибирск: Наука, 1992. 408 с
10. Nelson, R.M. The National Fire-Danger Rating System // USDA For Serv Res Pap SE-13. –1964. – 44 p.
11. Finger M., Gabbay D. M. Combining temporal logic systems // Notre Dame Journal of Formal Logic. – 1996. – №37(2). – P.46-50.
12. Fujioka, F.M. A method for designing fire weather network. Journal of atmospheric and oceanic meteorology. 3(3). 1986. – P. 564-570.
13. Ходаков В.Е., Жарикова М.В. Лесные пожары: методы исследования. –Херсон: Гринь Д.С., 2011. – 470 с.
14. Конев Э.В. Физические основы горения растительных материалов. – Новосибирск.: Наука, 1977. – 102 с.
15. Дубровский И.М. Справочник по физике / И.М. Дубровский, Б.В. Егоров, К.П. Рябошапка. – К.: Наук. думка, 1986. – 559 с.
16. Гришин А.М. Математическое моделирование процесса распространения верховых лесных пожаров / А.М. Гришин, А.Д. Грузин, В.Г. Зверев // Физика горения и взрыва. – 1983. – т. 269, №4. – С. 822-826.
17. Data mining: учебное пособие / И.А. Чубукова. – 2-е изд., испр. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. – 382 с
18. Гришин А.М., Грузин А.Д., Зверев В.Г. Математическая теория верховых лесных пожаров // Теплофизика лесных пожаров. – Новосибирск: ИТФ СО АН СССР, 1984.
19. Encyclopaedia Index CHAM [Электронный ресурс] // URL: http://www.cham.co.uk/phoenics/d_polis/d_docs/tr001/tr001.htm (дата обращения 15.04.21)
20. Патанкар С.В. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости. М.: Энергоатомиздат, 1984. – 124 с
21. Deeming J.E. The National Fire Danger Rating System – 1978 / J.E. Deeming, R.E. Burgan, J.D. Cohen // USDA Forest Service. General Technical Report INT-39. – 1988. – 63 p.

22. Амосов Г.А. Некоторые особенности горения при лесных пожарах. – Ленинград: ЛенНИИЛХ, 1958. – 29 с.
23. Амосов, Г. А. Некоторые закономерности развития лесных низовых пожаров // Возникновение лесных пожаров: сб. ст. М.: Наука, 1964. – С. 152-183.
24. Андерсон Д. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: В 2-х т. Т. 1 / Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. – М.: Мир, 1990. – 384 с.
25. Валендик Э.Н., Матвеев П.М., Софронов М.А. Крупные лесные по-жары и борьба с ними. М.: Наука, 1979. 198 с
26. CHAM PHOENICS Your Gateway to CFD Success [Электронный ресурс]/URL: <http://www.cham.co.uk/products.php> (дата обращения: 15.04.21).
27. Перминов В. А. Математическое моделирование возникновения верховых и массовых лесных пожаров [Текст] : дис. ... док. физ.-мат. наук : 01.02.05 : утв. 27.08.10 / В. А. Перминов. – 2010
28. Доррер Г.А. Динамика лесных пожаров. Новосибирск: Изд-во СОРАН, 2008 – 404 с
Ходаков В.Е., Жарикова М.В. Лесные пожары: методы исследования/ 2007.
29. Щетинский Е.А. Тушение лесных пожаров: Пособие для лесных пожарных. Изд. 3-е, перераб. и доп. – М.: ВНИИЛМ, 2002.
30. Иванов В.А., Иванова Г.А., Москальченко С.А. Справочник по тушению природных пожаров; Проект ПРООН/МКИ «Расширение сети ООПТ для сохранения Алтае-Саянского экорегиона» - 2-е изд., перераб. и доп. – Красноярск, 2011.