

**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
<b>Математическое моделирование развития пожара в здании и определение времени эвакуации</b>

УДК 519.876:614.841.46

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E71	Буров Иван Андреевич		

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.		

Томск – 2021 г.

## Планируемые результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код компетенции	Наименование компетенции
<b>Универсальные компетенции</b>	
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
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
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
<b>Профессиональные компетенции</b>	
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	Буров Иван Андреевич

Тема работы:

Математическое моделирование развития пожара в здании и определение времени эвакуации	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.01.2021, №22-73/с

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

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объектом исследования является процесс развития пожара в здании.</p> <p>Предметом исследования является математическая модель распространения продуктов горения и температуры в здании.</p> <p>Для численного решения данной задачи использовалось программное обеспечение RHOENICS.</p>
<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Построить модель помещения в программе RHOENICS;</li> <li>2. Настроить программное обеспечение для решения поставленной задачи;</li> <li>3. Произвести расчет распространения продуктов горения и температуры в помещении;</li> <li>4. Рассчитать время блокировки путей эвакуации.</li> </ol>

<i>разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	5. Рассчитать время эвакуации;
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	1. Графики распространения продуктов горения 2. План помещения 3. Календарный план-график проведения НИОКР по теме
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Жиронкин Сергей Александрович
Социальная ответственность	Федорчук Юрий Митрофанович

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	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
1Е71	Буров Иван Андреевич		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 пожара в помещении	15
29.04.2021 г.	Анализ построенной математической модели	15
11.05.2021 г.	Расчет времени блокировки путей эвакуации и времени эвакуации. Анализ полученных расчетов	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, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1E71	Буров Иван Андреевич

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

**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 НИТ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок</i>	<i>Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИТ</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):**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. <i>Матрица SWOT</i></li> <li>2. <i>График проведения НИТ</i></li> <li>3. <i>Определение бюджета НИТ</i></li> <li>4. <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИТ</i></li> </ol>
--

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

--	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Профессор	Жиронкин Сергей Александрович	Доктор экономических наук		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
1E71	Буров Иван Андреевич		

Томск – 2021

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1E71	Буров Иван Андреевич

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

**Тема дипломной работы: «Математическое моделирование развития пожара в здании и определение времени эвакуации»**

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p>Математическая модель распространения продуктов горения и температуры в помещении. Работы проводились на ПК. Условия работы: сидячее положение в офисном помещении. Область применения: научно-исследовательские институты; высшие учебные заведения; отрасли, связанные с проектированием жилых и нежилых помещений.</p>
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<p><b>1. Производственная безопасность</b> 1.1. Анализ выявленных вредных факторов</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Природа воздействия</li> <li>• Действие на организм человека</li> <li>• Нормы воздействия и нормативные документы (для вредных факторов)</li> <li>• СИЗ коллективные и индивидуальные</li> </ul> <p>1.2. Анализ выявленных опасных факторов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Термические источники опасности</li> <li>• Электробезопасность</li> <li>• Пожаробезопасности</li> </ul>	<p>Вредные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Недостаточная освещенность;</li> <li>• Нарушения микроклимата, оптимальные и допустимые параметры;</li> <li>• Шум, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</li> <li>• Повышенный уровень электромагнитного излучения, ПДУ, СКЗ, СИЗ;</li> </ul> <p>Опасные факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Электроопасность; класс электроопасности помещения, безопасные номиналы I, U, R<sub>заземления</sub>, СКЗ, СИЗ;</li> <li>• Пожароопасность, категория пожароопасности помещения, марки огнетушителей, их назначение и ограничение применения; Приведена схема эвакуации.</li> </ul>
<p><b>2. Экологическая безопасность:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Выбросы в окружающую среду</li> <li>• Решения по обеспечению экологической безопасности</li> </ul>	<p>Наличие промышленных отходов (бумага-черновики, пластмасса, перегоревшие люминесцентные лампы, промасленная ветошь) и способы их утилизации.</p>
<p><b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b></p>	<p>Рассмотрены 2 ситуации ЧС:</p>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</li> <li>• разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>• разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.</li> </ul>	<p>1) природная – сильные морозы зимой, (аварии на электро-, тепло-коммуникациях, водоканале, транспорте);</p> <p>2) техногенная – несанкционированное проникновение посторонних на рабочее место (возможны проявления вандализма, диверсии, промышленного шпионажа), представлены мероприятия по обеспечению устойчивой работы производства в том и другом случае.</p>
<b>4. Перечень нормативно-технической документации.</b>	– ГОСТы, СанПиНы, СНиПы

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	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
1E71	Буров Иван Андреевич		

**Задание согласовано (Дата)**



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	12
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР .....	14
1.1 Зоны развития пожара .....	14
1.2 Воздействия на организм человека .....	15
1.3 Стадии пожаров в помещении.....	15
1.4 Факторы, влияющие на температурный режим пожара .....	17
1.5 Критическое время развития пожара в помещении .....	17
2. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ЕЕ РЕШЕНИЕ .....	20
2.1 Физическая постановка задачи.....	20
2.2 Математическая постановка задачи.....	21
2.3 Применение программного обеспечения PHOENICS для моделирования .....	24
2.4 Результаты .....	25
2.5 Расчет времени эвакуации .....	27
3. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	29
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	29
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	29
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	30
3.2 Планирование научно-исследовательских работ .....	34
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	34
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	35
3.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	35
3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	37
3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	37

3.4.2 Расчет материальных затрат НТИ.....	38
3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы .....	39
3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	42
3.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	42
3.4.6 Накладные расходы .....	43
3.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	43
3.5 Определение эффективности исследования .....	44
4. Социальная ответственность .....	45
4.1. Производственная безопасность .....	45
4.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении .....	45
4.1.2 Превышение уровней шума .....	47
4.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	47
4.1.4. Поражение электрическим током .....	49
4.1.5 Освещенность.....	51
4.1.6 Пожарная опасность .....	55
4.2. Экологическая безопасность .....	57
4.3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях .....	58
Заключение .....	60
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	61
Приложение А .....	65

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа 65 с., 8 рис., 15 табл., 29 источника, 1 прил.

Ключевые слова: математическое моделирование; пожар в помещении; самовозгорание в жилом доме; чрезвычайная ситуация.

Объектом исследования является процесс развития пожара в здании. Предметом исследования является математическая модель распространения продуктов горения и температуры в здании.

Цель работы – разработка математической модели пожара в помещении и определение времени эвакуации.

В процессе исследования проводилось численное решение задачи для определения полей скорости и концентрации продуктов горения и температуры с помощью программного обеспечения PHOENICS.

В результате исследования разработана математическая модель распространения дымового облака и температурный показатель в помещении.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: рассматривая методика и результаты, полученные в данной работе, позволят более точно изучить процесс распространения продуктов горения в помещении во время пожара.

Область применения: научно-исследовательские институты; высшие учебные заведения; отрасли, проектирующие жилые и нежилые помещения.

Значимость работы имеет социальный характер, т.к. последствия ЧС влияют на жизнедеятельность людей, в данном здании. Результаты математического моделирования распространения продуктов горения могут быть использованы при разработке мероприятий по предотвращению распространения задымления, установкой систем вентиляции и пожаротушения.

## ВВЕДЕНИЕ

Помещение – будь то жилое или не жилое, как правило большинство времени человек находится в них. В настоящее время в каждом новом здании проектируют и просчитывают время, затраченное на эвакуацию людей во время пожара, как с блокировкой одного из маршрутов так и нескольких. Для увеличения времени эвакуации до блокировки путей могут быть использованы разные решения, которые можно разделить на две группы: проектируемые на стадии планирования и устанавливаемые в уже имеющиеся здания. К первым можно отнести лестничные пролеты, соединённые с лестничной клеткой через балкон вне здания, системы вентиляции, системы пожаротушения и тамбуры. Ко вторым можно отнести локальные системы вентиляции и дополнительные перегородки.

Действующие методы подсчёта времени эвакуации персонала не учитывают большое количество факторов, рассмотренный метод математического моделирования развития пожара может учесть горение определённого материала с определёнными физическими показателями, также наличие или отсутствие систем вентиляции и место их расположение в случае их присутствия. Также в математической модели можно рассчитать время реагирования пожарного оповещения и автоматического пожаротушения при необходимости.

Как правило, тушение пожара начинается через двадцать - тридцать минут свободного развития, когда параметры пожара уже достигли своего максимального значения. Также при тушении пожара необходимо учитывать жесткость конструкции, которая могла измениться с течением времени из-за воздействия температур.

Целью работы является разработка математической модели пожара в помещении и определение времени эвакуации.

Задачи работы:

- разработка математической модели;

- использование программного обеспечения PHOENICS [9] для численного решения поставленной задачи;
- численное решение поставленной задачи и получение распределений полей скорости, температуры и продуктов горения;
- определение времени блокировки путей эвакуации и времени эвакуации;
- анализ полученных результатов.

Методы решения. Для решения поставленных задач работы использовался метод контрольных объемов, а также математическое моделирование в программном обеспечении PHOENICS [9].

# 1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

## 1.1 Зоны развития пожара

Условно зону развития пожара можно разделить на 3 зоны: зона горения, зона теплового воздействия и зона задымления.

Для наглядности изображён рисунок 1.1 с зонами пожара.

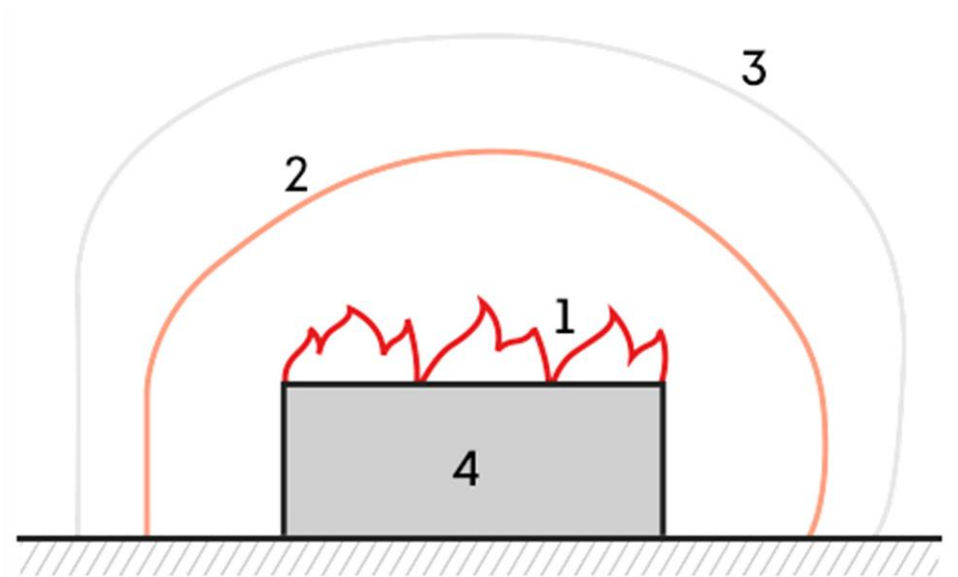


Рисунок 1.1 – Зоны пожара

Обозначение: 1 – зона горения; 2 – зона теплового воздействия; 3 – зона задымления; 4 – горючее вещество.

Зона горения – как правило это поверхность материала, в котором происходит процесс подготовки горючих веществ к горению и их непосредственное горение.

Зона теплового воздействия – зона, непосредственно примыкающая к зоне горения. В данной зоне происходит процесс деформации прилегающих материалов и конструкций, нахождение в данной зоне без СИЗ не представляется возможным. В данной зоне продукты нагреваются, что в последующем приводит к их воспламенению, плавлению или деформации.

Зона задымления – зона, примыкающая к зоне горения, включающая в себя зону теплового воздействия заполненная дымом в различных концентрациях. Создаёт угрозу для человека из-за низкой концентрации кислорода в данной области, также затрудняет действия аварийных служб из-за плохой видимости [3].

## **1.2 Воздействия на организм человека**

К ОФП воздействующим на людей относятся:

- Понижение концентрации кислорода в помещении;
- Увеличенная концентрация токсичных продуктов от разложения продуктов горения;
- Тепловой поток;
- Пламя;
- Сниженная видимость в помещении из-за дыма [1].

Также могут быть внешние сопутствующие факторы такие как:

- Обрушение здания, осколки от разрушившихся технологических установок или иного имущества;
- Токсичные и радиоактивные вещества и материалы из разрушенного оборудования;
- Высокое напряжение в случае оплавления токопроводящих линий и нахождения их в непосредственной близости к человеку в этот момент;
- Опасность взрыва технологических резервуаров и закрытых емкостей;
- Воздействие огнетушащих веществ на организм человека в случае автоматического тушения пожара [7].

## **1.3 Стадии пожаров в помещении**

Для возгорания в помещении необходимо несколько факторов таких как:

1. Горючий материал
2. Источник зажигания, может быть от открытого огня, химической реакции или из-за электричества
3. Наличие окислителя, чаще всего кислорода в воздухе
4. Пути распространения пожара

Горение протекает в следующем порядке – нагревается источник зажигания горючего материала, попутно нагревая горючий материал до температуры его теплового разложения. В данном процессе теплового разложения образуется большое количества тепла, угарного газа и воды. При горении или тлении также образуются сажа, которая оседает вокруг и углекислый газ который заполняет пространство помещения. Временем воспламенения называют время от зажигания до воспламенения. Данный процесс может протекать от нескольких доли-секунд до нескольких месяцев. [8].

Пожар можно поделить на несколько стадий:

- Первая стадия наступает через 10-20 минут, в это время происходит линейное распространение вдоль горючего материала по поверхности. Этот процесс сопровождается большим количеством дыма, чаще из-за него нет возможности рассмотреть пламя. Температура в помещении поднимется до 250-300 градусов, что в свою очередь воспламенит легко воспламеняемые материалы, находящиеся в непосредственной близости в помещении.
- Примерно на 20 минуте происходит распространения пожара в помещении.
- На 30 минуте происходит ресстекление из-за температуры, поступает кислород через оконную раму и резко увеличивается развитие пожара, температура доходит до 900 градусов.
- Далее в последующих 10 минут при максимальной скорости пожара происходит выгорание.
- После в течении от 20 минут до 5 часов проходит стабилизации пожара. В это время огонь может перекинуться на другие здания или остаться на улице. Также может произойти обрушение строительной конструкции [7].



## **1.4 Факторы, влияющие на температурный режим пожара**

Наиболее важные показатели для расчета пожара в ограниченном пространстве:

1. времени развития пожара;
2. объема помещения;
3. интенсивности газообмена;
4. площади пожара;
5. вида горючего вещества
6. количества пожарной нагрузки;
7. теплотери на нагревание конструкций и т.д.

Массовая площадь пожара и скорость выгорания, которая определяется линейной скоростью распространения горения, зависят от температуры, времени развития пожара и интенсивности газообмена. Связь между температурой пожара и интенсивностью газообмена достаточно сложна и зависит от множества показателей, таких как свойство горящего вещества и особенности помещения в котором оно горит.

Если воздухообмен в помещении будет высоким, то интенсивность горения увеличивается, возрастает температура в зоне реакции горения, так как увеличивается количество возможно горящего материала. С обратной стороны, поступающий воздух имеет относительно низкую температуру, поэтому с увеличением его потока температура пожара будет уменьшаться. Какой из этих факторов будет определяющим, зависит от конкретной ситуации. Необходимо учитывать, что при горении даже с достаточно большим объемом вновь поступившего кислорода в помещение, на поверхности горящего материала всё равно будет проходить реакция с недостатком кислорода.

## **1.5 Критическое время развития пожара в помещении**

При пожаре в ограниченном пространстве тепло и массообмен ограничены ограждающими конструкциями, тепловая энергия и продукты

горения накапливаются в помещении, в связи с чем зона теплового влияния и зона задымления продуктами горения изменяются. Зона задымления характеризуется повышенным содержанием токсичных веществ и сниженным содержанием кислорода, а зона теплового влияния характеризуется критической температурой, при которой происходят физические изменения (деформация или разрушение) материалов конструкции [9]. С развитием пожара наступит момент времени, когда все помещение будет охвачено зонами задымления и теплового влияния, пребывание людей в данной зоне будет невозможно. Данное время называют критическим временем развития пожара.

Критическое время развития пожара – время от возникновения воспламенения до достижения снижения концентрации кислорода ниже предельно допустимых значений или критической для организма человека температуры. Критическое время развития пожара зависит от объема помещения, теплонагруженности помещения, площади пожара, массовой скорости выгорания, теплоты сгорания [11].

Следует учесть, что при снижении кислорода в воздухе до 16% у человека происходит потеря сознания, а при дальнейшем снижении концентрации ниже 14-15 % начинаются необратимые процессы в организме человека, и может наступить смерть.

Критическое время развитие пожара по температуре также определяет повышение температуры в помещении, значением критичным для человека принято брать 70 °С [12]. Пребывание людей в комнате с такой температурой считается невозможным.

Изменение температуры во времени называется температурным режимом пожара. Есть несколько основных моделей которые описывают температурный режим при пожаре в замкнутом пространстве:

1. Дифференциальная;
2. Зонная;
3. Интегральная.

Дифференциальная модель является наиболее полной, в которой материальный и энергетический баланс пожара представлен в виде дифференциальных уравнений [9]. Данная модель позволяет определять на любой стадии развития пожара температуру пожара в произвольной точке помещения. Точность результатов зависит от принятых при расчетах допущений. Если учесть все факторы, которые влияют на тепло и массообмен, может быть полученный довольно точный результат. Работа с данной моделью сопряжена с использованием вычислительной техники так как используются сложные математические расчёты.

## 2. ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ЕЕ РЕШЕНИЕ

### 2.1 Физическая постановка задачи

В данной задаче мы будем рассматривать помещение стандартной планировки коридорного типа, в комнате которой самовоспламенился предмет. В предполагаемой ситуации происходит выброс продуктов горения и повышение температуры в помещении

Влияние на происходящий процесс оказывают множество параметров, оставим наиболее важные: температура воздуха в помещении, количество поступающего воздуха в помещение и его температура, а также начальная температура воспламеняемого объекта. Также на результат расчёта могут повлиять тепло потери на нагревание строительных конструкций, количество пожарной нагрузки, а также распространение продуктов горения за пределы помещения. В одной модели невозможно учесть все показатели, однако, чем больше факторов будет учтено, тем более точен будет результат расчёта.

В качестве объекта исследования выбираем часть здания для построения модели (Рисунок 2.1).

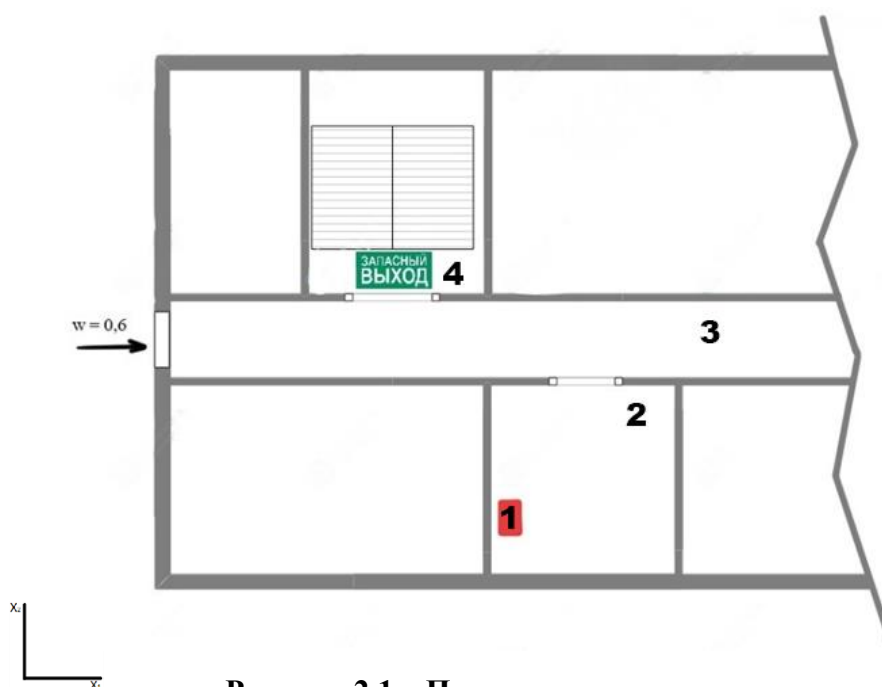


Рисунок 2.1 – План помещения для расчетов  
Обозначение: 1 – источник огня; 2 – комната  $S=12\text{m}^2$ ; 3 – коридор; 4 – лестничный пролёт.

Зададим значения температуры и плотности воздуха в помещении, а также объем поступающего воздуха из вне. В работе нашей целью является расчет полей концентрации продуктов горения и расчет температурного показателя в коридоре до момента блокировки последнего как эвакуационного пути. Расчет производится для прогнозирования распространения продуктов горения в помещении, также модель можно применять с геометрически сложными зданиями, системами вентиляции и системами автоматического пожара тушения.

## **2.2 Математическая постановка задачи**

Была разработана трехмерная нестационарная математическая модель развития пожара в здании, с помощью методов механики реагирующих многофазных сред. Рассматривается здание, состоящее из: комнаты, коридора и лестничной клетки. Источник горения расположен в комнате. На потолке в центре комнаты есть извещатель дымовой. Гидродинамические процессы описаны с помощью уравнений Рейнольдса для турбулентного течения. Используется описания модели требуется к-е-модель турбулентности. Из уравнения энергии и диффузии определим распределение температур и концентрации продуктов горения, учитывая перенос энергии излучением. Данная модель позволяет показать распределение скорость, концентрацию и температуру газовой смеси с течение времени. На основании полученных данным можно сделать вывод о времени блокировки путей эвакуации.

Для определения пожароопасности здания и сооружения необходимо рассчитать время эвакуации. В настоящий момент времени формулы для расчета имеют приближенные данные, что в конечном итоге может давать не точные данные при расчете времени эвакуации из геометрически сложных зданий. При помощи программного обеспечение PHOENICS[9] можно рассчитать время блокировки эвакуационного пути по температурным показателям или по превышению концентрации продуктов горения в воздухе. Целью данной работы является разработка математической модели пожара в

здании, расчёт скорости и объём распространения продуктов горения, расчёт распространения полей температуры. Далее по полученным данным можно определить время блокировки путей эвакуации и пожара опасность здания.

Рассматривается один этаж многоэтажного здания. Помещение имеет коридорный тип расположения комнат. Для уменьшения нагрузки на расчёт, не учитывали возможные открытые комнаты вблизи комнаты с источником воспламенения. Дверь в комнату с источником воспламенения и дверь на лестничную клетку оставили открытыми. Источник воспламенения быстро сгораемый.

Необходимо найти распределение температуры и концентрации кислорода, и продуктов горения в различные моменты времени при пожаре, на основе этих данных определим время блокировки путей эвакуации. Поставленную задачу решим с помощью системы дифференциальных уравнений [6]:

$$\frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j) = 0, \quad i, j = 1, 2, 3, \quad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho u_i) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} - \rho g_i, \quad (2)$$

$$\text{где } \tau_{ij} = \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) - \frac{2}{3} \mu \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \delta_{ij}, \quad \delta_{ij} = \begin{cases} 1, i = j \\ 0, i \neq j \end{cases} \quad (3)$$

$$\frac{\partial}{\partial x_i}(\rho h u_i) = \frac{\partial p}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_i} \left( \frac{\lambda}{c_p} \frac{\partial h}{\partial x_i} \right) - \frac{\partial q_i^R}{\partial x_i}, \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_k) + \frac{\partial}{\partial x_j}(\rho u_j Y_k) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \rho D \frac{\partial Y_k}{\partial x_j} \right) + S_k, \quad (5)$$

$$p = \rho R_0 T \sum_k \frac{Y_k}{M_k}, \quad \vec{g} = (0, 0, g). \quad (6)$$

В представленной выше системе уравнений используются следующие обозначения:  $t, x_i$  – временная и пространственные координаты ( $i = 1, 2, 3$ );  $u_i$  – проекции вектора скорости на соответствующие оси декартовой системы координат,  $p$  – давление;  $T$  – температура;  $h$  – энтальпия;  $g$  – ускорение свободного падения;  $R_0$  – универсальная газовая постоянная;  $M_k$  – молекулярный вес  $k$ -компоненты;  $\rho$  – плотность газовой фазы;  $\mu$  –

коэффициент динамической вязкости;  $\lambda$ ,  $D$  – коэффициенты теплопроводности и диффузии;  $c_p$  – удельная теплоемкость при постоянном давлении;  $q_j^R$  – компоненты вектора потока теплового излучения;  $Y_k$  – массовые концентрации  $k$ -компоненты. В связи с тем, что течение турбулентное, используется коэффициент турбулентной вязкости  $\nu_t$  и коэффициент турбулентной теплопроводности  $\lambda_t$ :

$$\nu_t = \frac{\mu_t}{\rho} = C_\mu' k^{1/2} l, \lambda_t = \mu_t c_p, \quad (7)$$

где  $k = \overline{u_i' u_i'}/2$  – турбулентная кинетическая энергия;  $l$  – длина пути смешения;  $C_\mu'$  – константа. По аналогии с турбулентным переносом импульса, потоки скаляров  $u_i' h'$  и  $u_i' Y_k'$  моделируются с помощью допущения о градиентной диффузии:

$$-u_i' Y_k' = D_t \frac{\partial Y_k}{\partial x_i} \quad (8)$$

где  $D_t$  – коэффициент турбулентного переноса, соответствующий скалярной функции  $Y_k$ . Здесь в неявной форме вводится допущение об изотропности турбулентности по всем направлениям. Предполагается, что коэффициент переноса  $D_t$  для скалярных функций равен отношению турбулентной вязкости к турбулентному числу Прандтля. Уравнение для турбулентной кинетической энергии  $k$  запишется в виде:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\overline{\rho k}) + \overline{u_i} \frac{\partial}{\partial x_i}(\overline{\rho k}) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \frac{\mu_t}{\sigma_k} + \mu \right) \frac{\partial k}{\partial x_i} \right] - \mu_t \left( \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} + \frac{\partial \overline{u_j}}{\partial x_i} \right) \frac{\partial \overline{u_i}}{\partial x_j} - \beta \overline{\rho} g_i \frac{\mu_t}{Pr} \frac{\partial \overline{T}}{\partial x_i} - \overline{\rho} \varepsilon, \quad (9)$$

Уравнение для диссипации турбулентной кинетической энергии  $\varepsilon$  записывается в следующем виде:

$$\frac{\partial}{\partial t}(\overline{\rho \varepsilon}) + \overline{u_i} \frac{\partial}{\partial x_i}(\overline{\rho \varepsilon}) = \frac{\partial}{\partial x_i} \left[ \left( \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} + \mu \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_i} \right] + C_1 \frac{\varepsilon}{k} (G_k + G_B) - C_2 \overline{\rho} \frac{\varepsilon^2}{k}, \quad (10)$$

где  $b_k$ ,  $b_\varepsilon$ ,  $C_1$ ,  $C_2$  – эмпирические константы, а  $G_k$  и  $G_B$  – генерация турбулентности за счет вынужденной и естественной конвекции. Для описания переноса энергии излучением уравнение имеет следующий вид [6]:

$$\frac{dI}{ds} = -(k_a + k_s)I + k_a \frac{E_g}{\pi} + \frac{k_s}{4\pi} \int_{4\pi} P(\Omega, \Omega') I(\Omega') d\Omega', \quad (11)$$

где  $I$  – интенсивность радиационного излучения в направлении  $\Omega$ ;  $s$  – расстояние в направлении  $\Omega$ ;  $E_g = \sigma T_g^4$  – энергия, излучаемая абсолютно черным газом при температуре газа  $T_g$ ;  $k_a$  и  $k_s$  – коэффициенты поглощения и рассеяния;  $P(\Omega, \Omega')$  – вероятность того, что излучение в направлении  $\Omega'$  после рассеяния попадет в телесный угол  $d\Omega$  в направлении  $\Omega$ . Для получения интегрального потока теплового излучения уравнение (11) должно быть проинтегрировано по всем направлениям и длинам волн. Для большинства практических задач точное аналитическое решение получить очень сложно, так как в математической модели учитываются физико-химические процессы, и поэтому используются приближенные численные методы. Например, в данной постановке задачи необходимо моделирование процессов переноса излучения при горении [6].

### **2.3 Применение программного обеспечения PHOENICS для моделирования**

PHOENICS – это программное обеспечение для моделирования потоков жидкости, тепла или массопереноса, а также химических реакций и процесса сжигания материалов. Данное программное обеспечение может применяться для решения задач различных направленностей во многих сферах деятельности [9].

Создание не стационарной модели распространения продуктов горения в воздушной среде в программе PHOENICS[9].

Первый этап. Создаём геометрические параметры области помещения: длина по  $x_1$  – 4 м, ширина по  $x_2$  – 3 м, высота  $x_3$  – 2,5 м.

Второй этап. Задаём источник воспламенения на полу в помещении с выделением продуктов горения. Посторонние предметы отсутствуют, для уменьшения вероятности допустить ошибку в расчетах.



Третий этап. Устанавливаются внешние факторы, влияющие на распространение веществ: температура воздуха  $t_b = 23^\circ\text{C}$ . Плотность воздуха  $\rho_2 = 1,2754 \text{ кг/м}^3$ . Зададим скорость поступления воздуха в помещении  $w = 0,6 \text{ м/с}$ .

Четвертый этап. Настраивается размер контрольных объемов и их количество и устанавливается время счета задачи  $t = 60 \text{ сек}$ .

Пятый этап. Производятся расчеты распространения продуктов горения и температурный показатель источника огня.

## 2.4 Результаты

Задача о распространении температуры и продуктов горения при пожаре в помещении решалась численно. Достоверность решения проверялась путём уменьшения контрольных объёмов.

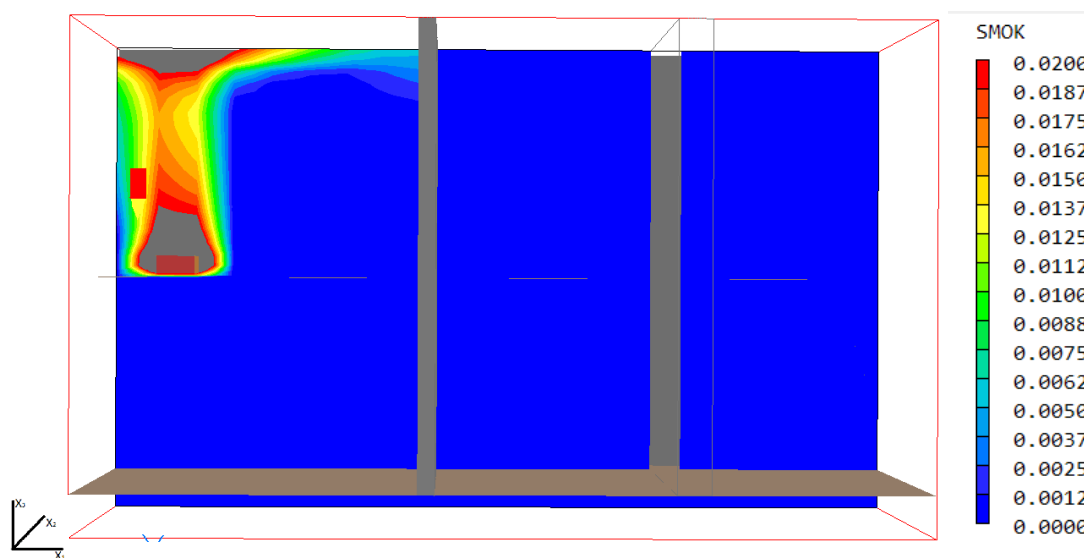


Рисунок 2.2 – Распространение продуктов горения за 14 секунды

На рисунке 2.2 видим распространение продуктов горения в помещении. Наибольшую концентрацию угарного газа можно увидеть у источника огня. По мере отдаления от источника, концентрация продуктов горения уменьшается. С течением времени количество угарного газа увеличивается.

На рисунке 2.2 можно увидеть, что через 14 секунд концентрация продуктов горения у потолка достигнет 200 ppm, что в свою очередь приведёт

к действию пожарный извещатель. Запустится оповещение персонала и начнётся эвакуация.

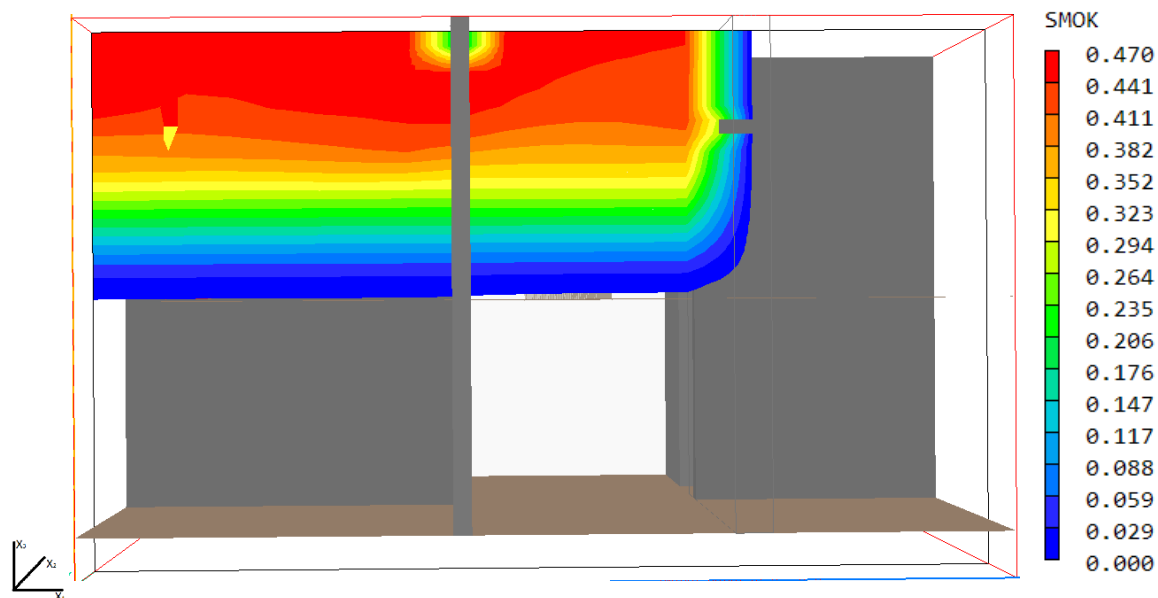


Рисунок 2.3 – Распространение продуктов горения в помещении за 440 секунд

Предельная концентрация, при которой человек не сможет пройти через дымовое облако равно 4700 ppm, данное значение было получено на уровне 1,75 метра от пола в коридоре через 325 секунды после начала воспламенения. Далее данный коридор нельзя использовать как эвакуационный, так как концентрация угарного газа на уровне головы будет превышена и человек не сможет пройти без средства индивидуальной защиты.

Моделирование распространения температуры в помещении.

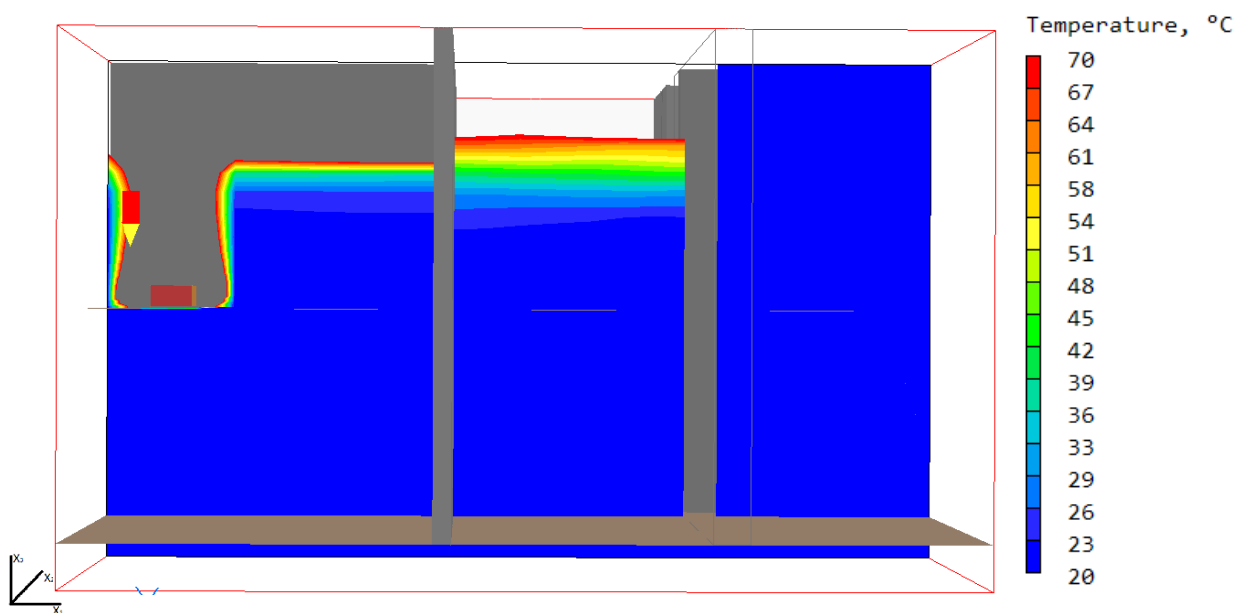


Рисунок 2.4 – Расчёт температуры в помещении через 78 секунд

Рассчитанное время блокировки коридора по температурному показателю показало время 78 секунд. Данное время наступит раньше, чем время блокировки по предельной концентрации угарного газа. Далее при расчетах времени эвакуации, данный путь можно использовать в течении 78 секунд после воспламенения.

## 2.5 Расчет времени эвакуации

Расчет времени эвакуации производился с использованием формул из ГОСТ 12.1.004-91. Общий план помещения представлен на рисунке – 2.5.

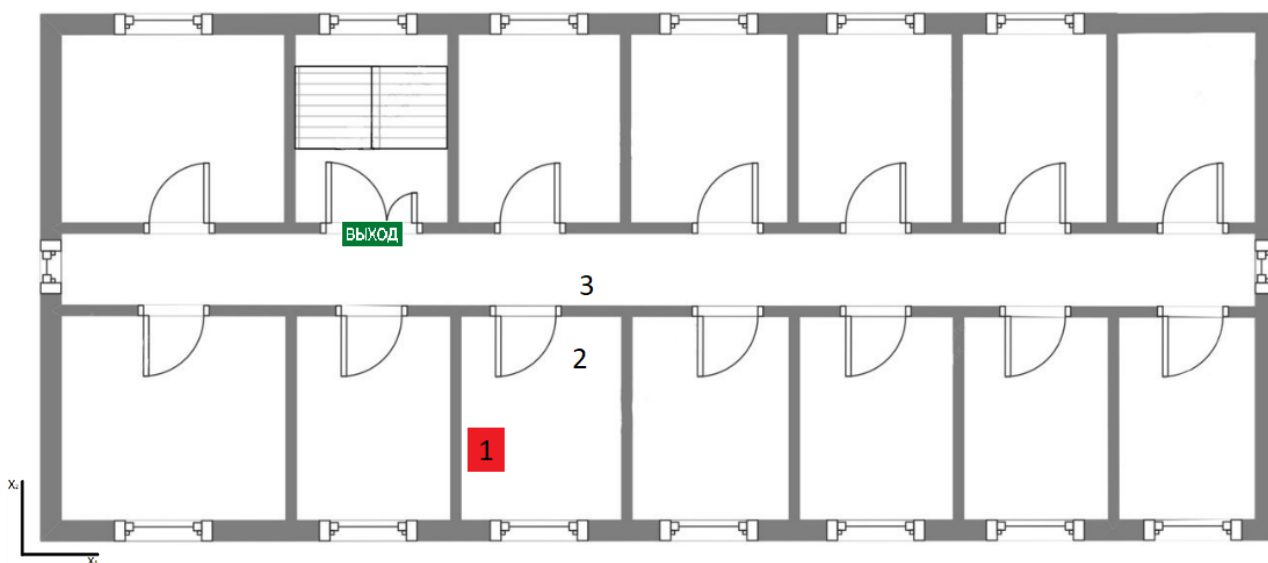


Рисунок 2.5 – План помещения

Обозначение: 1 – источник огня; 2 – комната с источником воспламенения; 3 – коридор.

Допуская: одновременный выход всего персонала в коридор через 15 секунд после оповещения, незамедлительную эвакуации без паники и страха проходить вблизи комнаты с воспламенившимся объектом.

Так как каждая комната имеет  $S=12 \text{ м}^2$  плотность размещения не должна превышать  $6 \text{ м}^2/\text{чел.}$ , что составляет не более 2-х людей на комнату. Средняя площадь горизонтальной проекции человека ( $f$ ), взрослого в домашней одежде принимается равной – 0,1. Ширина коридора – 1,5 м, длинна от крайней стенки до двери лестничного пролёта – 16,5 м. Так как люди вышли из комнат одновременно, плотность размещения персонала в коридоре составила:

$$D = \frac{10 \cdot 2}{16,5 \cdot 1,5} = 0,8 \text{ м}^2/\text{м}^2 \quad (12)$$

Скорость потока по горизонтальному пути ( $v$ ) соответствующая данной плотности потока составляет – 19 м/мин; интенсивность по горизонтальному пути ( $q$ ) – 15,2 м/мин; интенсивность в дверном проёме ( $q$ ) – 17,3 м/мин.

$$t = l/v = 9/19 = 0,47 \text{ мин.} \quad (13)$$

Суммируя время, затраченное на: срабатывание системы оповещения персонала, реагирование персонала и его эвакуацию, получим значение:

$$t_{\text{общ}} = 14 + 15 + 28,2 = 57,2 \text{ с} \quad (14)$$

В результате полученное время эвакуации не превышает время блокировки путей эвакуации.

### **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 «Математическое моделирование распространения продуктов горения в городских помещениях» заключается в моделировании ситуации аварии на трубопроводах с помощью программного обеспечения PHOENICS [1] и получении распределения концентрации загрязняющего вещества в местах переходов через водные объекты в различные моменты времени. В работе также проведена проверка на соответствие установленным требованиям промышленной безопасности и изучены некоторые рекомендации по устранению выявленных нарушений.

В ходе определения целей работы были определены следующие задачи [15]:

- 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 проектирование 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 [15].

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

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	Б <sub>к3</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>	К <sub>к3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
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
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
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

<b>Итого</b>	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 [15].

Таблица 3.2 – SWOT-анализ

	<p><b>Сильные стороны научноисследовательского проекта:</b></p> <p><b>С1.</b> Более низкая стоимость, по сравнению с другими технологиями. <b>С2.</b> Использование современного оборудования</p> <p><b>С3.</b> Наличие опытного руководителя.</p> <p><b>С4.</b> Представление полученных результатов наглядно (графики, формулы, таблицы).</p> <p><b>С5.</b> Актуальность программы</p>	<p><b>Слабые стороны научноисследовательского проекта:</b></p> <p><b>Сл1.</b> Отсутствие квалифицированных кадров для работы с программой.</p> <p><b>Сл2.</b> Время, затрачиваемое на расчет в программе и построение графиков (60-100 минут).</p> <p><b>Сл3.</b> Отсутствие дополнительных функций в программе.</p> <p><b>Сл4.</b> Ограниченная область применения.</p> <p><b>Сл5.</b> Медленный процесс вывода на рынок новой технологии.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p><b>В1.</b> Повышение стоимости конкурентных разработок</p> <p><b>В2.</b> Появление дополнительного спроса на новый продукт <b>В3.</b> Повышение уровня предотвращения загрязнения экосистем.</p> <p><b>В4.</b> Повышение уровня оперативного реагирования спец. служб.</p> <p><b>В5.</b> Повышение уровня локализации загрязнения.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- В результате низкой стоимости продукт могут позволить себе многие организации;</li> <li>- В результате использования современных технологий повысится скорость локализации экологического загрязнения;</li> <li>- При вышеперечисленных возможностях мы добьемся наглядного распространения загрязнения и его более быстрой локализации.</li> </ul>	<p>- При отсутствии навыков владения программой, результаты будут неточными или в корне неверны, вследствие чего модель распространения будет отличаться от действительной ситуации.</p>



Продолжение таблицы 3.2 – SWOT-анализ

<p><b>Угрозы:</b></p> <p><b>У1.</b> Неумение персонала пользоваться программой.</p> <p><b>У2.</b> Появление конкурентов.</p> <p><b>У3.</b> Появление новых технологий.</p> <p><b>У4.</b> Отсутствие спроса на разработку. <b>У5.</b> Введение дополнительных государственных требований и сертификации на разработку.</p>	<p>- 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.</p> <p>- В силу малых затрат проекта представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в развитие других услуг, таких как сертификация.</p>	<p>- Расширить области применения разработки; - Сократить время подсчета программой.</p>
---	--	--

Второй этап – выявление соответствия сильных и слабых сторон научноисследовательского проекта [15].

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта

		Сильные стороны проекта					Слабые стороны проекта				
		С <sub>1</sub>	С <sub>2</sub>	С <sub>3</sub>	С <sub>4</sub>	С <sub>5</sub>	Сл <sub>1</sub>	Сл <sub>2</sub>	Сл <sub>3</sub>	Сл <sub>4</sub>	Сл <sub>5</sub>
Возможности проекта	В <sub>1</sub>	+	-	0	-	+	+	+	+	+	0
	В <sub>2</sub>	+	-	-	+	0	-	-	-	-	0
	В <sub>3</sub>	-	+	+	+	+	0	-	-	0	-
	В <sub>4</sub>	-	+	+	+	+	0	-	-	0	-
	В <sub>5</sub>	-	+	+	+	+	0	-	-	0	-
Угрозы проекта	У <sub>1</sub>	+	+	+	0	-	+	-	+	-	0
	У <sub>2</sub>	-	+	+	-	0	+	+	0	+	+
	У <sub>3</sub>	0	+	+	0	-	+	+	+	+	0
	У <sub>4</sub>	-	+	+	-	0	+	+	+	+	0

При анализе данной интерактивной таблицы можно выявить следующие коррелирующие:

- сильных сторон и возможностей:  $V_1C_1C_5$ ,  $V_2C_1C_4$ ,  $V_3V_4V_5C_2C_3C_4C_5$ ;
- слабых сторон и возможностей:  $V_1C_{л1}C_{л2}C_{л3}C_{л4}$ ;
- сильных сторон и угроз:  $У_1C_1C_2C_3$ ,  $У_2C_2C_3$ ,  $У_3У_4C_2C_3$ ,  $У_5C_2C_5$ ;

- слабых сторон и угроз:  $У_1C_{л1}C_{л3}$ ,  $У_2C_{л1}C_{л2}C_{л4}C_{л5}$ ,  $У_3У_4C_{л1}C_{л2}C_{л3}C_{л4}$ ,  $У_5C_{л5}$ .

### 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 нефти в воде 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  $t_{ожi}$  используется следующая формула [15]:

$$t_{ожi} = \frac{3t_{минi} + 2t_{маxi}}{5} \quad (3.1)$$

где  $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;  $t_{минi}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;  $t_{маxi}$  – 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 % [15].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3.2)$$

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

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел. [15].

### 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 [15]:

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

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 [15]:

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

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 $T_{ki}$
	$t_{\text{mini}}$ , челдни	$t_{\text{maxi}}$ , челдни	$t_{\text{ожи}}$ , 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 загрязнения нефтепродуктами водной среды	30	35	32	Руководитель, студент	21,3	31,5
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 [15].

#### 3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле [15]:

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

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, используемых при выполнении научного исследования;  $N_{\text{расхи}}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);  $\Pi_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);  $k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Таблица 3.7 – 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
<b>Итого</b>				<b>4116</b>

### 3.4.2 Расчет материальных затрат НИИ

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 3.8.1 – 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
<b>Итого</b>				<b>645</b>

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

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}, \quad (3.7.1)$$

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 3.8.2 – 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
<b>Итого</b>		<b>2</b>	<b>109998</b>	<b>9166.5</b>

### 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 [15]. Расчет основной заработной платы сводится в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата на один чел.-дн., тыс. руб	Всего заработная плата по тарифу (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 загрязнения нефтепродуктами водной среды	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
<b>Итого</b>					100

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

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

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



$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{\text{осн}}$ ) [15].

Основная заработная плата  $Z_{\text{осн}}$  руководителя (студента) рассчитывается по следующей формуле [15]:

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

где  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником, раб. дн.;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле [15]:

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

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 научнотехнического 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 [15]:

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

где  $Z_{\text{тс}}$  – 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	$Z_{осн}$ , 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 [15]:

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

где  $k_{доп}$  – 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 [15]:

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

где  $k_{внеб}$  – 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 % [15].

Таблица 3.12 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	З <sub>осн</sub> , руб.	З <sub>доп</sub> , руб.	З <sub>внеб</sub> , 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
<b>Итого</b>	<b>12274,8</b>	<b>18191,2</b>	<b>41839,8</b>

### 3.4.6 Накладные расходы

Величина накладных расходов определяется по формуле [15]:

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

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 НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.	Примечание
1. Материальные затраты НИИ	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 НИ	58781	Сумма ст. 1-6

### 3.5 Определение эффективности исследования

В ходе исследования была выполнена цель – проектирование и создание конкурентоспособной разработки, представляющей собой модель задымления помещения.

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 [9], 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.

Выявленная эффективность исследования, которая имеет больше экологический характер, т.к. последствия ЧС влияют на жизнедеятельность экосистем и людей. И если заблаговременно определить масштабы проблемы, установить новые или усовершенствовать имеющиеся системы пожаро-оповещения, а также установить системы вентиляции для уменьшения концентрации продуктов горения в помещении во время пожара.

## 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, как и для окружающей среды проведения исследований.

В ходе выполнения данной работы проведена разработка и исследование математической модели распространения продуктов горения при возгорании объекта. Работа выполнялась в корпусе НИИ ТПУ. Все работы выполнялись с использованием 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 таблице 1 и 2.

Таблица 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 42м<sup>2</sup>, объем составляет 147м<sup>3</sup>. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют 6,5м<sup>2</sup> и 20м<sup>3</sup> 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. Основной 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 40м<sup>3</sup>[10]. В нашем случае объем воздуха на одного человека составляет 42м<sup>3</sup>, 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 [18]. Нормируемые параметры

микроклимата, ионного состава воздуха, содержания вредных веществ должны соответствовать требованиям [19].

#### **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 и окружающий шум улицы при открытом окне. 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 [20].

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

Средства коллективной защиты:

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

Средства индивидуальной защиты:

- 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 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц [17]. Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В [17].

В ходе работы использовалась ПЭВМ типа lenovo enhanced experience 2.0 со следующими характеристиками:

- напряженность электромагнитного поля 2,5В/м;
- поверхностный потенциал составляет 450 В (основы противопожарной защиты предприятий ГОСТ 12.1.004 и ГОСТ 12.1.010 – 76.)[21].

При длительном постоянном воздействии электромагнитного поля (ЭМП) радиочастотного диапазона при работе на ПЭВМ у человеческого организма 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):

- а) до 10 мкВт/см<sup>2</sup>, время работы (8 часов);
- б) от 10 до 100 мкВт/см<sup>2</sup>, время работы не более 2 часов;
- в) от 100 до 1000 мкВт/см<sup>2</sup>, время работы не более 20 мин. при условии пользования защитными очками;
- г) для населения в целом ППМ не должен превышать 1 мкВт/см<sup>2</sup>.



Защита человека от опасного воздействия электромагнитного излучения осуществляется следующими способами:

#### СКЗ

- защита временем;
- защита расстоянием;
- снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения;
- экранирование источника;
- защита рабочего места от излучения;

#### СИЗ

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

Вместо обычных стекол используют стекла, покрытые тонким слоем золота или диоксида олова ( $\text{SnO}_2$ ).

#### **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 сприкосновения токоведущих элементов с заземленными металлическими корпусами оборудования [22].

Лаборатория относится к помещению без повышенной опасности поражения электрическим током. Безопасными номиналами являются:

$$I < 0,1 \text{ А}; U < (2-36) \text{ В}; R_{\text{зазем}} < 4 \text{ Ом.}$$

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:

- обеспечить доступ свежего воздуха (снять с пострадавшего стесняющую одежду, расстегнуть ворот);
- очистить дыхательные пути;
- приступить к искусственной вентиляции легких (искусственное дыхание);
- 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 горячей 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.

1. Средства коллективной защиты:

2. - зануление источников электрического тока;

3. - заземление электрооборудования;

4. - разделение электрических цепей с помощью разделительных трансформаторов;

5. - использование щитов, барьеров, клеток, ширм, а также заземляющих и шунтирующих штанг, специальных знаков и плакатов.

Средства индивидуальной защиты:

6. - использование диэлектрических перчаток, изолирующих клещей и штанг, слесарных инструментов с изолированными рукоятками;

7. - указатели величины напряжения;

8. - 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  $\rho_{П}=70\%$ . 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  $\lambda$ , 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:

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

Число рядов светильников в помещении:

$$Nb = \frac{B}{L} = \frac{6}{2,2} = 2,72 \approx 3$$

Число светильников в ряду:

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

Общее число светильников:

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

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.

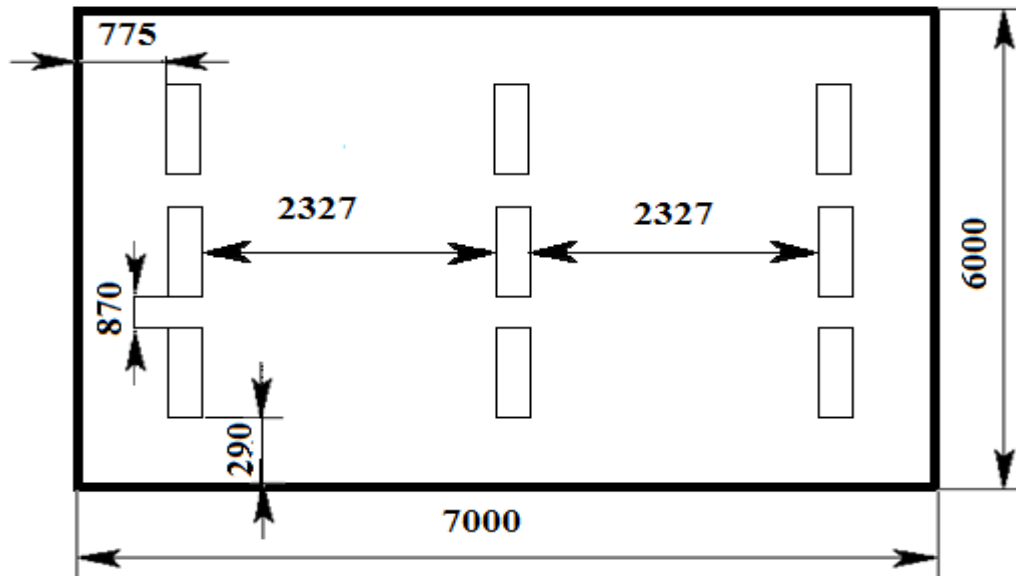


Рисунок 1. – План помещения и размещения светильников с люминесцентными лампами.

Индекс помещения определяется по формуле:

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

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:

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

Делаем проверку выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% \leq 20\%;$$

$$\frac{\Phi_{\text{ЛД}} - \Phi_{\text{П}}}{\Phi_{\text{ЛД}}} \cdot 100\% = \frac{2600 - 2457,44}{2600} \cdot 100\% = 5,5\%.$$

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

$$P=18*40=720Вт$$

#### 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 трудносгораемым 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 1000В. 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:

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;

специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;

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);

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 1, порошковых огнетушителей с поверенным клеймом, табличек с указанием направления к запасному (эвакуационному) выходу.



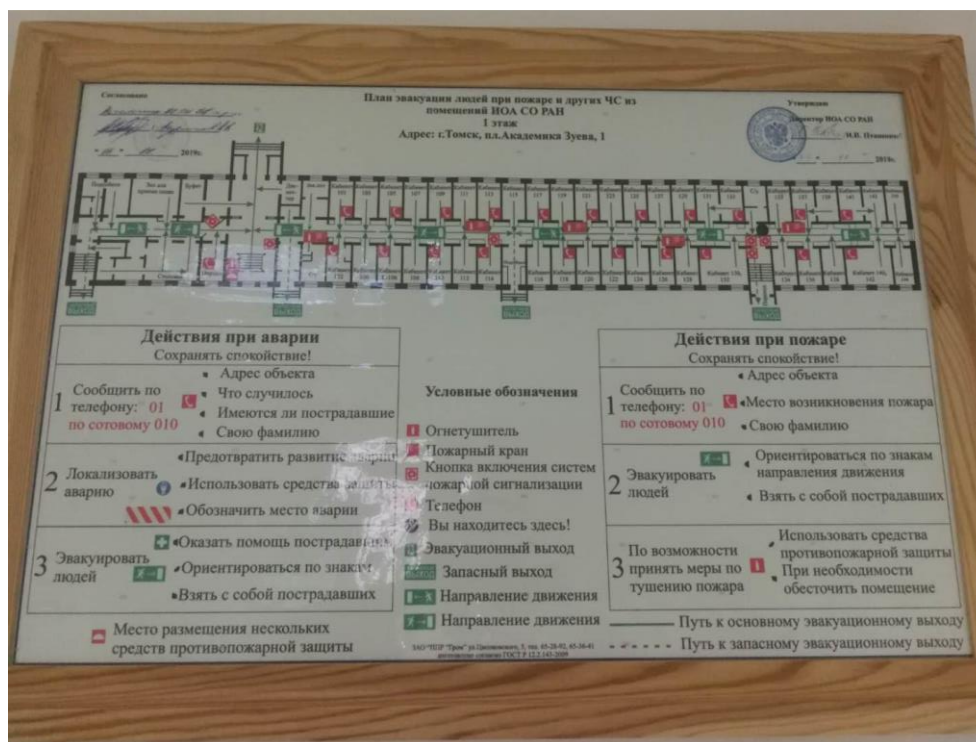


Рисунок 1 – План эвакуации

#### 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. В этот комплекс мероприятий входят:

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.

- отделение металлических частей от неметаллических;
- металлические части переплавляются для последующего производства;

- неметаллические части компьютера подвергаются специально переработке: предварительная обработка, физическая переработка и химическая переработка. Предварительная обработка включает в себя демонтаж многоразовых и токсичных элементов, измельчение или разделение. Затем следует физическая переработка. Потом материалы извлекают путем химического процесса переработки [22].

Исходя из сказанного выше перед планированием покупки компьютера необходимо:

- Побеспокоится 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.

### **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. В случае переморозки труб должны быть предусмотрены запасные обогреватели. Их количества и мощности должно хватать для того, чтобы работа на производстве не прекратилась.

В лаборатории ИОА СО РАН наиболее вероятно возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС) техногенного характера.

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.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения ВКР была построена математическая модель помещения с использованием программного обеспечения PHOENICS, настроен источник огня. Произвели расчет распространения продуктов горения и температуры, рассчитано время срабатывания извещателя пожарной сигнализации – 14 секунд; блокировки эвакуационных путей: по задымленности – 440 секунд, по температуре – 78 секунд. Рассчитано время эвакуации людей с этажа – 58,2 секунды.

В результате смоделированного пожара в здании определено время эвакуации людей с учетом: времени реагирования извещателя, реагирования людей на оповещение и время затраченное на прохождение людей вблизи комнаты с самовоспламенившимся объектом, которое составило – 57,2 секунды.

Данный метод показывает экономическую целесообразность моделирования геометрически сложных объектов инфраструктуры с персоналом, для прогнозирования времени блокировки эвакуационных путей в случае пожара. Так же в модель можно внести системы вентиляции и автоматического пожара тушения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Муниципальное образование городское поселение Кандалакша официальный сайт. – Кандалакши. – Обновляется в течении суток. URL: <https://amo-kandalaksha.ru> (дата обращения: 09.05.2021). – Текст: электронный.
2. Математическая модель критичной продолжительности пожара в помещении, смежном с очагом пожара / eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000-2021. - URL: <https://www.elibrary.ru/> (дата обращения: 19.04.2021). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронный
3. Программа "пожар-эко" для расчета распространения примеси в результате пожара центрального района города Воронежа / eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000-2021. - URL: <https://www.elibrary.ru/> (дата обращения: 21.04.2021). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронный
4. Основные параметры, характеризующие развитие пожара <https://edumns.org.ua> (дата обращения: 15.01.2021) – Текст: электронный.
5. Школа молодых ученых и специалистов МЧС России-2013. Актуальные проблемы обеспечения комплексной безопасности и пути их решения / eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека : сайт. - Москва, 2000-2021. - URL: <https://www.elibrary.ru/> (дата обращения: 26.04.2021). Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. - Текст: электронный
6. Термодинамика пожаров в помещениях / В.М. Астапенко, Ю.А. Кошмаров, И.С. Молчадский, А.Н. Шевляков. // Под ред. Ю.А. Кошмарова. – М: Стройиздат, 1998. – 448 с. – ISBN 5-274-00703-1.
7. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования. – дата введения 1992-07-01 URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 10.12.2020) – Текст : электронный.

8. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – 1998-01-01 [URL: https://docs.cntd.ru](https://docs.cntd.ru) (дата обращения: 10.12.2020) – Текст : электронный.
9. CHAM (Concentration Heat and Momentum Limited) / PHOENICS, 2014. – URL: <https://CHAM | Your Gateway to CFD Success> (дата обращения: 24.12.2019) – Текст : электронный.
10. Jones W.W. A Review of Compartment Fire Models. National Bureau of Standards. – 1983. – URL: [https://A review of compartment fire models \(nist.gov\)](https://A review of compartment fire models (nist.gov)) (дата обращения: 2.12.2020) – Текст : электронный.
11. Численные методы решения задач теплообмена и динамики жидкости URL: <https://pirochem.net> (дата обращения: 1.06.2020) – Текст: электронный.
12. МЧС России : Официальный сайт. – Волгоград. – Обновляется в течении суток. // URL: <https://rospotrebnadzor.ru> (дата обращения: 16.12.2020) – Текст: электронный.
13. ГОСТ 54 30013-83 Электромагнитные излучения СВЧ. Предельно допустимые уровни облучения. Требования безопасности дата введения 1984-01-01. URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 05.05.2021) – Текст : электронный
14. ГОСТ 12.4.154-85 “ССБТ. Устройства экранирующие для защиты от электрических полей промышленной частоты” дата введения 1986-07-01. URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.05.2021) – Текст : электронный
15. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. дата введения 2003-06-15 URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.05.2021) – Текст : электронный
16. СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 "Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ)". дата введения 2001-01-01 URL: <https://http://base.garant.ru/> (дата обращения: 01.05.2021) – Текст : электронный

17. СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. дата введения 1996-10-31. URL: <https://rg.ru> (дата обращения: 04.05.2021) – Текст : электронный

18. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. (дата введения 1996-10-31) URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.05.2021) – Текст : электронный

19. ГОСТ 12.4.123-83. Средства коллективной защиты от инфракрасных излучений. Общие технические требования. дата введения 1984-01-01. URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.05.2021) – Текст : электронный.

20. ГОСТ Р 12.1.019-2009. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. дата введения 2011-01-01. URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.05.2021) – Текст : электронный.

21. ГОСТ 12.1.030-81. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. дата введения 1982-07-01. URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.06.2021) – Текст : электронный.

22. ГОСТ 12.1.004. Пожарная безопасность. Термины и определения : дата введения 1992-07-01. – URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.06.2021) – Текст : электронный.

23. ГОСТ 12.1.010 – 76. Взрывобезопасность. Общие требования. Термины и определения : дата введения 1978-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.06.2021) – Текст : электронный.

24. ГОСТ 12.1.006-84. Электромагнитные поля радиочастот. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. Термины и определения. : : дата введения 1986-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.06.2021) – Текст : электронный.

25. Судебные и нормативные акты РФ : Официальный сайт – Москва– Обновляется в течении суток. – URL: <https://sudact.ru> (дата обращения: 01.06.2021) – Текст : электронный.

26. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение. : дата введения 1996-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.06.2021) – Текст : электронный.

27. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. : дата введения 2003-08-01. – URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.06.2021) – Текст : электронный.

28. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы. : дата введения 1987-01-01. – URL: <https://docs.cntd.ru> (дата обращения: 01.06.2021) – Текст : электронный.

29. МЧС России : Официальный сайт – Москва– Обновляется в течении суток. – URL: <https://www.mchs.gov.ru> (дата обращения: 01.06.2021) – Текст : электронный.



## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица 1.6 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ п/п	Вид работ	Исполнители	T <sub>кi</sub> , 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	Моделирования распространения продуктов горения и температуры	Руководитель, студент	31,5				▨	▨	▨	▨			
9	Изучение результатов	Руководитель, студент	10,6							▨	▨		
10	Анализ результатов	Студент	4,7									▨	
11	Вывод по цели	Студент	2,7										▨

▨ – научный руководитель    ▨ – студент