

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



Институт неразрушающего контроля
Направление подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность»
Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Расчет пожарного риска при эвакуации людей с первого этажа 8-ого корпуса ТПУ

УДК 614.842.663.027.1.001.24:378.662.162(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM51	Чалдаева Екатерина Игоревна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф. ЭБЖ	Романцов И.И.	к. т. н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова С.Н.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин А.А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко С. В.	д. х. н.		

Томск – 2017 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять <i>глубокие</i> математические, естественно-научные, социально-экономические и профессиональные знания при осуществлении изысканий и <i>инновационных</i> проектов создания и оптимизации методов и средств обеспечения безопасности человека и окружающей среды от техногенных и антропогенных воздействий	Требования ФГОС (ПК-1–4, 6; ОПК-1–3, 5; ОК-4)[1], Критерий 5 АИОР[2] (п.1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	<i>Создавать</i> и использовать на основе <i>глубоких</i> и <i>принципиальных</i> знаний необходимое оборудование, инструменты и технологии по защите человека в техносфере, а также для повышения надежности и устойчивости технических объектов, поддержания их функционального назначения в условиях <i>жестких</i> экономических, экологических, социальных и других ограничений	Требования ФГОС (ПК-5, 7; ОПК-1–3, 5; ОК-5, 6), критерии АИОР Критерий 5 АИОР (пп. 1.3, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Проводить <i>инновационные</i> инженерные исследования опасных природных и техногенных процессов и систем защиты от них, включая <i>критический анализ данных из мировых информационных ресурсов, формулировку выводов в условиях неоднозначности</i> с применением <i>глубоких</i> и <i>принципиальных</i> знаний и <i>оригинальных</i> методов в области современных информационных технологий, современной измерительной техники и методов измерения.	Требования ФГОС (ПК-8–13; ОПК-1–3, 5; ОК-9, 10), Критерий 5 АИОР (п.1.2, 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	Организовывать и руководить деятельностью подразделений по защите среды обитания и безопасному размещению и применению технических средств в регионах, осуществлять взаимодействие с государственными службами в области экологической, производственной, пожарной безопасности, защиты в чрезвычайных ситуациях, применять на практике теории принятия управленческих решений и методы экспертных оценок.	Требования ФГОС (ПК-14–18; ОПК-1–5; ОК-1, 8), Критерий 5 АИОР (п.1.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Организовывать мониторинг в техносфере, составлять краткосрочные и долгосрочные прогнозы развития ситуации на основе его результатов с использованием <i>глубоких фундаментальных</i> и <i>специальных</i> знаний, аналитических методов и <i>сложных</i> моделей в	Требования ФГОС (ПК-19, 21, 22; ОПК-1–5; ОК-2), Критерий 5 АИОР (пп.1.2, 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

	условиях неопределенности, анализировать и оценивать потенциальную опасность объектов экономики для человека и среды обитания и разрабатывать рекомендации по повышению уровня безопасности объекта	
P6	Проводить экспертизу безопасности и экологичности технических проектов, производств, промышленных предприятий и территориально-производственных комплексов, аудит систем безопасности, осуществлять мероприятия по надзору и контролю на объекте экономики, территории в соответствии с действующей нормативно-правовой базой	Требования ФГОС (ПК-20, 23–25; ОПК-1–3, 5), Критерий 5 АИОР (п.1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Использовать глубокие знания в области проектного менеджмента, в том числе международного менеджмента, находить и принимать управленческие решения с соблюдением профессиональной этики и норм ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов в области техносферной безопасности.	Требования ФГОС ВО (ОК-7, ОК-8; ОПК-1–3, 5; ПК-4, ПК-6) Критерий 5 АИОР (п.2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной профессиональной среде, включая разработку документации, презентацию и защиту результатов инновационной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-4–6, 10–12; ОПК-3), Критерий 5 АИОР (п.2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально, а также в качестве руководителя группы с ответственностью за работу коллектива при решении инновационных инженерных задач в области техносферной безопасности, демонстрировать при этом готовность следовать профессиональной этике и нормам	Требования ФГОС (ОК-1-3, 8; ОПК-1–4), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать глубокое знание правовых, социальных, экологических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности.	Требования ФГОС (ОК-4, 5; ОПК-2–3; ПК-18, 19), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-2–4), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

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

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки 20.04.01 «Техносферная безопасность»
 Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой ЭБЖ
 С.В. Романенко

 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

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

Студенту:

Группа	ФИО
1EM51	Чалдаева Екатерина Игоревна

Тема работы:

Расчет пожарного риска при эвакуации людей из 8-ого корпуса ТПУ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	25.04.2017 №2911/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	29.05.17
--	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<ol style="list-style-type: none"> 1. Объект исследования – 1 этаж 8-ого корпуса ТПУ, возможные пожароопасные ситуации, тушение пожара и риски, возникающие при эвакуации людей с 1-го этажа. 2. Проверка на соответствие 8-ого корпуса ТПУ нормам по пожарному риску, а также рассмотрение влияния опасных факторов пожара на эвакуацию.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Аналитический обзор по литературным источникам о пожарах и рисках. 2. Изучение Методики для расчета времени эвакуации, необходимого времени эвакуации, пожарных рисков, действия опасных факторов пожара. 3. Обзор по использованию современных специализированных программ расчета времени

	эвакуации и времени блокирования эвакуационных путей. 3. Объект и методы исследования. 4. Разработка технического задания для расчета пожарного риска в 8-ом корпусе ТПУ. 5. Результаты проведенной разработки.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	Консультант
Литературный обзор	Старший преподаватель кафедры ЭБЖ Романцов И.И.
Обоснование теоритических положений риска в пожарной безопасности	
Разработка технического задания	
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Доцент кафедры менеджмента Попова С.Н.
«Социальная ответственность»	Доцент кафедры ЭБЖ Сечин А.А.
По иностранному языку	Старший преподаватель кафедры ИЯФТ Данейкина Н.В.

Название разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Обзор литературы по исследуемой работе

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.03.2017
--	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф.ЭБЖ	Романцов И.И.	к. т. н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1ЕМ51	Чалдаева Екатерина Игоревна		

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

Институт неразрушающего контроля
 Направление подготовки: 20.04.01 «Техносферная безопасность»
 Уровень образования: магистратура
 Кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности
 Период выполнения (осенний/весенний семестр 2016/2017 учебного года)

Форма представления работы:

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

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

Срок сдачи студентом выполненной работы	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.09.16	Выбор направления исследования и способов решения задач	5
16.10.16	Сбор и изучение научно-технической литературы	20
23.11.16	Разработка методики теоретических исследований	5
06.12.16	Разработка методики исследования	10
20.01.17	Проведение расчетов исследований	25
27.03.17	Анализ и обработка полученных результатов	5
04.04.17	Обобщение и оценка эффективности полученных результатов	10
01.05.17	Оформление пояснительной записки	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель каф.ЭБЖ	Романцов И.И.	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭБЖ ИНК ТПУ	Романенко С.В.	д. х. н.		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕССУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту

Группа	ФИО
1EM51	Чалдаевой Екатерине Игоревне

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.01 «Техносферная безопасность»

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технические, информационные, энергетические, финансовые</i>	<i>Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах и изданиях, нормативно-правовых документах, наблюдение.</i>
2. <i>Нормативы и нормы расходования ресурсов</i>	
3. <i>Использованная система налогообложения, ставки налогов, дисконтирования, отчислений</i>	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. <i>Оценка коммерческого потенциала, альтернатив проведения научного исследования и перспективности, с позиции ресурсосбережения и ресурсоэффективности.</i>	<i>Определение потенциального потребителя результатов исследования, SWOT-анализ, определение возможных альтернатив проведения научных исследований.</i>
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований.</i>	<i>Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости выполнения работ, расчет бюджета научно-технического исследования.</i>
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):	
<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Оценочная карта конкурентных технических решений</i> 2. <i>Матрицы SWOT анализа</i> 3. <i>Инициация проекта</i> 4. <i>Календарный план-график проведения научных исследований</i> 5. <i>Расчет бюджета научных исследований</i> 	

Дата выдачи задания по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Попова Светлана Николаевна	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM51	Чалдаева Екатерина Игоревна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1EM51	Чалдаева Екатерина Игоревна

Институт	ИНК	Кафедра	ЭБЖ
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	20.04.01 «Техносферная безопасность»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочий кабинет специалиста отдела промышленной и экологической безопасности ООО «Томскнефтепроект», оборудованный персональными компьютерами) на предмет возникновения:

- вредных и опасных проявлений факторов производственной среды (микроклимат, шум, ЭМИ);
- негативное воздействие на окружающую природную среду;
- различного рода ЧС в здании.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Профессиональная социальная безопасность

1.1 Анализ выявленных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:

- приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);
- предлагаемые средства защиты;
- безопасность при работе с ЭВМ;
- параметры тяжести и напряженности при работе с персональным компьютером.

1.2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды

2. Экологическая безопасность

разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД

3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

– перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения

4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:

- специальные правовые нормы трудового законодательства;
- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сечин Андрей Александрович	Кандидат технических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM51	Чалдаева Екатерина Игоревна		

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация состоит из 133 стр., 14 рис., 34 табл., 29 источников, 7 приложений.

Ключевые слова: опасные факторы пожара, пожарный риск, сценарий развития пожара, эвакуация, время эвакуации, время блокирования эвакуационных путей, 8-ой корпус ТПУ.

Объектом исследования является 1-ый этаж 8-ого корпуса ТПУ, вероятные пожароопасные ситуации и пожарные риски, возникающие при эвакуации людей с 1-го этажа.

Цель работы – проверка соответствия 8-ого корпуса ТПУ нормам по пожарному риску и рассмотрение влияния опасных факторов пожара на время блокирования путей эвакуации и на время эвакуации.

В результате исследования проводился анализ пожарной статистики в России за последние года, расчет времени блокирования эвакуационных путей и времени эвакуации людей с 1-ого этажа 8-ого корпуса ТПУ с помощью специализированных программ расчета на компьютере и вручную, согласно Приказу Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 10 июля 2009 г. №404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (далее – Методика). Из полученных результатов времен проведен расчет величин пожарного риска в 8-ом корпусе ТПУ при эвакуации людей с 1-ого этажа.

В соответствии с выполненными расчетами, проведен сравнительный анализ результатов, полученных с помощью изученных методик расчета вручную с результатами специализированной компьютерной программы.

Область применения: отдел пожарной безопасности ТПУ.

Значимость работы: строительство новых зданий различного назначения; в качестве рекомендаций и корректировки дальнейшей работы сотрудников отдела пожарной безопасности для составления рекомендаций по ужесточению противопожарного режима в 8-ом корпусе ТПУ.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ, НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

1. ГОСТ 12.0.002-80. Система стандартов безопасности труда. Термины и определения.
2. ГОСТ 12.0.003-74. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
3. ГОСТ 12.1.004-91. Пожарная безопасность. Общие требования.
4. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
5. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов.
6. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
7. ГОСТ Р 50948-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности.
8. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
9. Своды правил СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы», СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».
10. ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования».
11. ГОСТ Р 12.2.143-2009 «Система стандартов безопасности труда. Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля».

12. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 10 июля 2009 г. № 404 об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах.

13. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 30 июня 2009 г. № 382 об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности.

Применены следующие термины с соответствующими определениями:

чрезвычайная ситуация (ЧС): Обстановка на определенной территории, акватории или объекте которая сложилась в результате аварии, катастрофы, опасного явления природы, стихийного или иного бедствия, повлекшая за собой человеческие жертвы, ущерб окружающей природной среде или здоровью людей.

пожарный риск: мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и её последствий для людей и материальных ценностей.

индивидуальный пожарный риск: пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара.

пожарная нагрузка: количество теплоты, отнесенное к единице поверхности пола, которое может выделиться в помещении или здании при пожаре.

Использованы следующие сокращения с соответствующими расшифровками:

ОФП – опасные факторы пожара;

АХОВ – аварийно-химические опасные вещества;

ГОЧС – гражданская оборона и чрезвычайные ситуации;

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

РСЧС – Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

ПДК – предельно-допустимая концентрация;

ПДЗ – предельно-допустимое значение;

ФЭС – фотолюминесцентные эвакуационные системы;

ПУ – пультовое управление;

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией;

АУПТ – установки автоматического пожаротушения;

СИЗ – средство индивидуальной защиты;

СИЗОД – средство индивидуальной защиты органов дыхания

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	14
1. Пожар.....	16
1.1 Классификация пожаров	16
1.2 Основные параметры пожара	17
1.3 Пожарная статистика	18
1.3.1 Анализ статистических данных по пожарам за 2015–2016 год	19
1.4 Опасные факторы пожара.....	20
2. Риск. Виды рисков.....	20
2.1 Пожарный риск	22
2.2 Индивидуальный пожарный риск	23
2.3. Функции рисков.....	24
3. Методика определения расчетных величин пожарного риска	25
3.1 Методика расчета пожарного риска	26
3.2 Эвакуация	29
3.2.1 Расчет времени эвакуации	30
3.2.2 Расчет времени блокирования.....	33
4. Специализированные программы расчета «СИТИС:ВИМ 1.90.16231» и «СИТИС: Флоутек 3.11.16231»	38
5. Расчет пожарного риска в 8-ом корпусе ТПУ	40
5.1 Анализ пожарной опасности объекта защиты 8-ого корпуса ТПУ	40
5.2 Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций	42
5.3 Сценарии развития пожара для первого этажа 8-ого корпуса ТПУ	42
5.3.1 Расчет времени блокирования и времени эвакуации с использованием специализированных компьютерных программ «СИТИС:ВИМ 1.90.16231» и «СИТИС:Флоутек 3.11.16231».....	43
5.3.2 Расчет времени блокирования и времени эвакуации согласно Методике расчета.....	50
5.4 Расчет величины индивидуального пожарного риска	61
5.5 Сравнительная характеристика результатов расчета.....	65
6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	68
7. Социальная ответственность	85
Заключение.....	101
Список публикаций студента	104
Список использованных источников.....	105
Приложения	108

Введение

Одной из наиболее актуальных проблем современности является разработка и выявление качественных методов борьбы с пожарами [1]. В современном мире проблема их частого возникновения требует ужесточения существующих норм и принятие новых, обеспечивающих наибольшее безопасное нахождение людей на объектах защиты.

При возникновении пожаров всегда существует риск травмирования или гибели человека. Как правило, риск смертности людей на пожарах связан с опасными факторами пожара (далее – ОФП), 71,2% которых, приходится на долю дыма.

В процессе проектирования зданий различного назначения особое внимание уделяется материалам строительства и отделки с последующей целью снижения риска возникновения пожара. При сдаче объектов защиты в эксплуатацию осуществляется тщательная проверка выполнения требований нормативной документации.

Актуальность исследования обусловлена убытком, который общество несет при пожарах на социально-значимых объектах, и который часто бывает неоправданно высоким ввиду повышенной величины пожарного риска. На социально-значимых объектах, введенных в эксплуатацию еще в прошлом веке, всегда существует риск возникновения чрезвычайной ситуации (далее – ЧС). Современные разработки в области пожарной безопасности и их применение, позволят разработать эффективные мероприятия по снижению уровня пожарного риска и обоснованно внедрить их на объект защиты. На данном этапе, организации с массовым пребыванием людей не всегда задумываются о возможности существования пожарного риска в зданиях и о возможности уменьшения его величины.

Для уменьшения величины пожарного риска, необходимым условием является устранение причин его возрастания, повышение профессионализма рабочих и служащих и совершенствование технических систем.

Таким образом, **целью магистерской диссертации** является проверка соответствия норм по пожарному риску в 8-ом корпусе ТПУ, а также рассмотрение влияния ОФП на время эвакуации и на время блокирования эвакуационных путей.

Для успешного достижения цели магистерской диссертации следует решить следующие **задачи**:

1. Обоснование теоретических положений риска в пожарной безопасности, а также проведение анализа статических данных по пожарам в России за 2015–2016 годы;

2. Анализ пожарной опасности 8-ого корпуса ТПУ;

3. Изучение Методики расчета, основывающейся на Приказе Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 10 июля 2009 г. №404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах»;

4. Изучение специализированных компьютерных программ расчета времени блокирования эвакуационных путей «СИТИС: ВИМ 1.90.16231» и расчета времени эвакуации «СИТИС: Флоутек 3.11.16231».

5. Расчет времени блокирования эвакуационных путей и времени эвакуации;

6. Расчет пожарного риска при эвакуации людей с первого этажа 8-ого корпуса ТПУ.

7. Сравнение полученных результатов расчета пожарного риска.

Объектом исследования является 1 этаж 8-ого корпуса ТПУ, возможные пожароопасные ситуации и пожарный риск, возникающий при эвакуации людей с 1-го этажа.

Предмет исследования – пожарный риск при возникновении ЧС в 8-ом корпусе ТПУ.

Практическая новизна состоит в рассмотрении эвакуационных путей с 1-го этажа 8-ого корпуса ТПУ в рассматриваемых условиях производственной компоновки и численности наполнения студентами и сотрудниками.

Научная новизна состоит в сравнении результатов, полученных в процессе определения величины пожарного риска вручную с расчетами специализированной компьютерной программы.

Проведем литературный обзор данных по теме исследования.

1. Пожар

Пожар – сложный физико-химический процесс тепло- и массообмена, включающий его развитие в пространстве и во времени [2]. Общие явления тепло- и массообмена взаимосвязаны между собой, и характеризующиеся следующими параметрами пожара: скоростью выгорания, температурой и т.п. Определяются они перечнем условий, носящими случайный характер. Пожар оценивается в качестве открытой термодинамической системы, обменивающейся с окружающей средой энергией и веществами.

К прекращению пожара может привести только ликвидация горения различными существующими способами. В течение большого количества времени, процессы горения человеком не управляются. Большие материальные потери и социальные явления – основные следствия этого процесса.

Горение веществ на пожаре – физические явления и быстро протекающие химические реакции окисления, которые сопровождаются испусканием тепла и образованием светящихся раскаленных продуктов горения.

1.1 Классификация пожаров

Все пожары по условиям тепло- и массообмена с окружающей средой подразделяются на две группы – на открытом пространстве и пожары в ограждениях[3].

По виду горящих веществ и материалов пожары разделяют на классы: А, В, С, D и подклассы: А1, А2, В1, В2, D1, D2 и D3.

По признакам видоизменения площади горения пожары разделяют на: распространяющиеся и нераспространяющиеся [13]. Они классифицируются по размерам материального ущерба, по продолжительности и другим признакам. Отдельно выделяется группа пожаров на открытых пространствах.

Отдельный пожар – пожар, который развивается в отдельном сооружении или здании. Одновременное горение некоторого количества зданий и сооружений на одном участке застройки называют сплошным пожаром. В результате действия слабого ветра или при его отсутствии пожар часто переходит в огневой шторм.

Пожары, происходящие в ограждениях разделяют на два основных вида: пожары, которые регулируются воздухообменом, и регулируемые пожарной нагрузкой. По характеру воздействия на ограждения – локальные и объемные[14].

Приведенная классификация являются условной, однако для ликвидации очага горения она необходима и позволяет определить способы прекращения горения, виды огнетушащих веществ, организацию боевых действий.

1.2 Основные параметры пожара

К основным параметрам, определяющим возможное развитие процессов горения при пожаре, относят: пожарную нагрузку, массовую скорость выгорания, линейную скорость распространения пламени по поверхности горящих материалов, температура пламени, интенсивность образования тепла.

Пожарная нагрузка – величина теплоты, выделяющаяся в здании или в помещении при пожаре, которое относится к единице поверхности пола [15]. Это есть сумма постоянной и временной пожарных нагрузок. Постоянная нагрузка – вещества, находящиеся в строительных конструкциях, временная – вещества и материалы, обращающиеся на производстве, способные гореть.

Скорость выгорания – потеря массы материала или вещества при горении за единицу времени.

Линейная скорость распространения горения – физическая величина, характеризующаяся поступательным движением фронта пламени в данном направлении за единицу времени.

Температура пожара в ограждениях – среднеобъемная температура газовой среды в помещении.

Интенсивность выделения тепла – величина, которая по значению равна выделяемому теплу на пожаре за единицу времени. Под газовым обменом понимают движение масс в виде газов, вызываемое испусканием тепла.

1.3 Пожарная статистика

Для ликвидации пожаров и возможности их прогнозирования необходимо постоянно собирать определенные статистические данные. Статистический учет пожаров позволяет определить примерное распределение ущерба и гибели людей в зданиях различного социально-значимого назначения от ОФП.

Пожарная статистика – сбор, обработка и в совокупности анализ информации о пожарах, их экономических, социальных и последствий для экологии, работы служб пожарной охраны и всех мировых организаций по прогнозированию и ликвидации пожаров.

Для этого необходимо учитывать основные разделы статистики пожарной безопасности:

- статистика пожаров, учитывающая виды, причины, частоту, места и время возникновения пожара, их экономические, социальные и последствия для экологии: прямой ущерб, косвенный ущерб, число травмированных и погибших людей[16];

- статистика противопожарных служб, рассматривающая статистические данные о ведении деятельности пожарных подразделений;

- показатели по общему объему деятельности противопожарных служб, эффективность их деятельности, структура и динамика действий подразделений;

– учет условий труда пожарных, возможные травмы, профессиональные заболевания, смертность;

– аспекты статистики пожарной опасности материалов и веществ;

– экономико-статистические аспекты обеспечения пожарной безопасности.

1.3.1 Анализ статистических данных по пожарам в России за 2015 – 2016 годы

Ежегодно происходит подведение итогов по статистическим данным о пожарах в стране. Затем эта статистка сводится в общемировую статистику.

Изменения по данным пожарной статистики рассматриваются за несколько последних лет. В России ежегодным составлением пожарной статистики по стране занимается ГУ МЧС России, а именно – Управление надзорной деятельности региональных центров МЧС России. В таблице 1 приведены статистические данные о пожарах в Российской Федерации за 2015–2016 годы.

Таблица 1 – Статистические данные о пожарах в России за 2015–2016 год[17]

Наименование показателей		Абсолютные данные за 12 месяцев		+ или - в % к пр. г.	Процент от общих данных по России
		2015	2016		
ВСЕГО	кол-во пожаров, ед.	145942	139083	-4,7	100
	погибло людей при пожарах, чел.	9405	8711	-7,38	100
	в т.ч. детей, чел.	462	420	-9,09	100
	травм. людей при пожарах, чел.	10962	9845	-10,19	100
	прямой ущерб, тыс. р.	22461847	12218781	-45,6	100
	уничтожено строений, ед.	41336	34403	-16,77	100

уничтоже но техники, ед.	7674	6815	-11,19	100
спасено людей, чел.	53172	47138	-11,35	100
спасено мат. ценностей, тыс. р.	46577580	55097054	18,29	100
кол-во загораний, ед.	386738	301287	-22,1	100
кол-во загораний, ед.	4847	3781	-21,99	1,25

1.4 Опасные факторы пожара

Опасные факторы пожара (далее – ОФП) – факторы, приводящие при пожаре к травмам, отравлениям и гибели людей, а также к повреждению имущества и материальному ущербу.

К первичным ОФП относят высокую температуру, пламя и искры, дым, пониженную концентрацию кислорода, концентрацию токсичных веществ. Вторичные проявления – части разрушившихся аппаратов, агрегатов, зданий в целом, осколки, токсичные и радиоактивные вещества, электрический ток.

Оценка ОФП производится по определенному критерию. Таким критерием является предельно допустимое значение (далее – ПДЗ) опасного фактора. Это такое его значение, при котором его влияние в течение критической продолжительности пожара на человека (время блокирования путей эвакуации ОФП умноженное на величину 0,8) не приводит к заболеванию, травме или изменению состояния здоровья, в течение времени, установленному по нормативам.

2. Риск. Классификация рисков

С каждым годом возрастают требования к пожарной безопасности. В настоящее время, при составлении деклараций о пожарной безопасности на объект защиты, требуется производить полный расчет пожарных рисков.

Риск – описание ситуаций, имеющих неопределённость исхода при обязательном присутствии в них неблагоприятных итогов[19].

Существуют допустимые значения риска, превышать которые запрещается. В случае превышения значения уровня опасности 1:1000000 в год, помещение или здание признается опасным, в связи с несоответствием правилам противопожарных норм.

Существуют следующие виды рисков:

1) *Индивидуальный риск* – риск, который характеризуется опасностью для отдельного лица[4]. Он рассчитывается по формуле:

$$r_i = \frac{n_i}{N_i + \Delta\tau} \text{ год}, \quad (1)$$

где, n_i – количество пострадавших от i -го вида опасности, чел.;

N_i – подвергшиеся i -му виду опасности, чел.;

$\Delta\tau$ – время свершения события, год. [4]

Считается, что для действия опасностей в техногенной среде, индивидуальный риск является допустимым при значении его величины, не превышающей 10^{-6} год⁻¹.

2) *Коллективный риск (групповой, социальный)* – риск выражения опасностей для определенной профессиональной или социальной группы людей. Он рассчитывается по формуле: социальной

$$r_{n.i} = \sum_{i=1}^n r_i^n, \quad (2)$$

где, n – количество людей в группе.

3) *Допустимый (приемлемый) риск* – наименьшая величина риска, которая достигается по экономическим, техническим, технологическим возможностям. Зависит величина такого риска от вида профессии, отрасли производства, вида негативного фактора. Она может быть нормируемая, договорная и узаконенная.

4) *Профессиональный риск* – риск, связанный с профессиональной деятельностью человека. От конкретной опасности значение можно получить из статистики несчастных случаев за разное время.

В современном мире по международному соглашению, принято считать, что воздействие техногенных опасностей должно определяться в пределах от 10 до 100 смертельных случаев человек в год, а значение 10 – максимально приемлемый уровень индивидуального риска. В таблице 2 представлена классификация рисков и их характеристика.

Таблица 2 – Классификация и характеристика видов риска

Вид риска	Объект риска	Источник риска	Последствия воздействия
Индивидуальный	Человек	Жизнедеятельность человека и ее условия	Болезни, травмы, инвалидность, смертность
Технический	Технические системы	Технические несовершенства, нарушение пользования и эксплуатации технических систем	Аварии, взрывы, катастрофы, пожары, разрушения
Экологический	Экологические системы	Вмешательство человека в природу, ЧС в техногенной среде	Стихийные бедствия, экологические катастрофы
Социальный	Группы социума	Упадок состояния жизни	Травмы в группах и коллективах, болезни, гибель
Экономический	Ресурсы материальных благ	Высокая опасность производственной среды или окружающей природы	Повышение уровня расходов на состояние безопасности

2.1 Пожарный риск

Пожарная безопасность на объекте считается обеспеченной в случае, если пожарный риск не превышает допустимых показателей, установленных настоящим ФЗ №123 [4].

Пожарный риск – возможность инициации пожарной опасности на защищаемом объекте, и последствий от нее для общества и материальных благ. Допустимый пожарный риск – уровень риска, допустимый и обоснованный,

исходя из социально-экономических условий рассматриваемого объекта защиты[20].

По международным стандартам принято, что величина 10^{-6} – максимально приемлемый уровень пожарного риска.

Для уменьшения пожарного риска выполняют три основных условия:

1) производят детальный анализ опасностей, формируемых в прорабатываемой деятельности;

2) разрабатывают эффективные меры защиты человека и среды обитания от выявленных опасностей;

3) разрабатывают эффективные меры для защиты от остаточного риска прорабатываемой деятельности.

На величину пожарного риска оказывают влияние следующие факторы: вероятность присутствия в здании людей, вероятность их выживания при пожаре, вероятность возникновения пожаров и прочих ЧС в здании, вероятность срабатываний систем автоматического пожаротушения при пожаре, вероятность эвакуации. Данная группа требований значима для периодов работы объекта в обычном режиме. При нарушениях таких требований ответственность возлагается на противопожарную службу.

2.2 Индивидуальный пожарный риск

Индивидуальный пожарный риск – уровень пожарного риска, приводящий человека к смерти в результате влияния на него ОФП.

Индивидуальный пожарный риск является допустимым, если[4]:

$$Q_{\epsilon} \leq Q_{\epsilon}^H \quad (3)$$

где, Q_{ϵ}^H – нормативное значение индивидуального пожарного риска, $Q_{\epsilon} = 10^{-6} \text{ год}^{-1}$; Q_{ϵ} – расчетная величина индивидуального пожарного риска.

Величина индивидуального пожарного риска на социально-значимом объекте при расчете выявляется как максимальное значение из представленных сценариев пожара:

$$Q_B = \max\{G_{B,1}, \dots, Q_{B,i}, \dots, Q_{B,N}\}, \quad (4)$$

где, $Q_{в,i}$ – расчетная величина пожарного риска для i -го сценария пожара; N – количество рассмотренных сценариев пожара.

В процессе расчета индивидуального пожарного риска рассматриваются сценарии пожара, в результате которых осуществляются наихудшие условия обеспечения безопасности людей. Такими сценариями являются ситуации, которые характеризуются наиболее усложненными вариантами эвакуации людей или преимущественно большой динамикой увеличения ОФП. При этом, в помещении с двумя и более эвакуационными выходами, очаг пожара необходимо разместить вблизи выхода, имеющего высокую пропускную способность. Такой выход с первых секунд пожара является заблокированным, и не учитывается при расчете времени эвакуации. Время блокирования выходов рассчитывается в помещениях, где присутствует один эвакуационный выход.

2.3 Функции рисков

Для риска характерна защитная и стимулирующая функции. Стимулирующая функция имеет конструктивные и деструктивные стороны исследования. Два аспекта предлагает защитная функция рисков: историко-генетический, который заключается в поиске средств защиты, и социально-правовой, означающий необходимость закрепления в законодательстве как понятия «правомерность риска».

Определим основные функции рисков[18]:

- 1) Защитная – выражается в том, что для любого промышленного субъекта, риск есть обычное состояние и поэтому должна быть выработано целесообразное отношение к поражениям и к поиску способов их решения;
- 2) Аналитическая – присутствие риска обосновывает потребность в выборе возможного правильного варианта решения поставленной проблемы;
- 3) Инновационная – есть стимулирование поисков нестандартных решений проблем;
- 4) Регулятивная – проявляется в противоречивом характере действия риска и имеет две формы: конструктивная и деструктивная.

3. Методика определения расчетных величин пожарного риска

«Настоящая методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (далее – Методика) определяет порядок расчета величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях и имеет отношение к зданиям классов всей функциональной пожарной опасности»[6]. Она основывается на «Приказе Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 10 июля 2009 г. № 404.

Рассчитывают величину пожарного риска на основании следующих данных с объекта защиты:

- а) производят анализ пожарной опасности объекта;
- б) определяют частоту реализации пожароопасных ситуаций;
- в) строят поля ОФП;
- г) производят оценку последствий воздействия ОФП на людей для всех составленных сценариев развития пожара;
- д) производят проверку существования систем обеспечения пожарной безопасности объектов защиты[6].

Для анализа пожарной опасности необходимо производить:

- а) анализ пожарной опасности технологических сред и характеристик технологических процессов на объекте;
- б) определение списка возможных пожароопасных ситуаций и характеристик для каждого процесса технологии производства;
- в) выявление для каждого процесса технологии производства списков причин, возникновение которых может охарактеризовать ситуации как пожароопасные;
- г) рассмотрение сценариев развития и возникновения пожаров.

Частоту реализации пожароопасных ситуаций на объекте определяют, основываясь на следующих данных:

- а) отказы оборудования объекта;

- б) параметры надежности используемого на объекте оборудования;
- в) ошибочные действия персонала объекта;
- г) гидрометеорологическая обстановка в районе нахождения объекта;
- д) географические особенности местности размещения объекта.

Частоту реализации пожароопасных ситуаций определяют, основываясь на статистических данных по авариям или расчетных данных по надежности оборудования технологической среды в зависимости от специфики объекта защиты.

В процессе построения полей ОФП учитывается:

- тепловые излучения при пожарах;
- импульс волны давления газопаровоздушной смеси при ее сгорании и его избыточное давление;
- избыточные давления при сгорании газопаровоздушной смеси;
- концентрации токсичных веществ продуктов горения.

Оценка последствий воздействия ОФП, взрыва определяется на основе сравнения данных о моделировании динамики ОФП на территории объекта и прилегающей к нему территории, и данных о критических значениях ОФП и взрыва для жизнедеятельности людей. Оценивая последствия таких воздействий, определяется количество людей, которые попали в зону поражения ОФП и взрыва.

Анализируя влияние систем обеспечения пожарной безопасности зданий на величины пожарного риска, полученные в результате расчета, рассматривают комплекс мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта. Также рассматривают мероприятия, которые направлены на предотвращение пожаров; мероприятия по защите от пожаров[7].

3.1 Методика расчета пожарного риска

Индивидуальный пожарный риск Q_B на социально-значимом объекте определяется по формуле[6]:

$$Q_{в,i} = Q_{n,i} (1 - K_{ан,i}) \times P_{np,i} \times (1 - P_{э,i}) \times (1 - K_{н.з,i}) \quad (5)$$

где, $Q_{n,i}$ – частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных согласно Методики. При присутствии информации о численности людей в здании нужно применять уточненные оценки, а если их нет – оценки в расчетах на одно здание. При отсутствии статистических данных допускается принимать $Q_{n,i}=4 \cdot 10^{-2}$ для каждого здания.

$K_{an,i}$ – вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (далее – АУПТ).

Значение $K_{an,i}$ принимается $K_{an,i}=0,9$ если выполняется хотя бы одно из следующих условий[6]:

- здание оснащено системой АУПТ, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;
- оснащение зданий системой АУПТ в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности не требуется.

В остальных случаях $K_{an,i}=0$.

$P_{np,i}$ – вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения $P_{np,i} = t_{функц}/24$, где $t_{функц}$ – время нахождения людей в здании в часах;

$P_{э}$ – вероятность эвакуации людей; $K_{n.з,i}$ – вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре[6].

Вероятность эвакуации $P_{э}$ определяют по формуле:

$$P_{э} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{нэ}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин}; \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин}; \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин}; \end{cases} \quad (6)$$

где, t_p – расчетное время эвакуации людей, мин; $t_{нэ}$ – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин; $t_{\text{бл}}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных

путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин; $t_{ск}$ – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5)[6].

«Время эвакуации людей t_p определяется на основе моделирования движения людей до выхода наружу одним из способов, указанных в Методике». [6]

Вариант расчета времени эвакуации выбирается при учете специфики индивидуальности решений по планировке зданий, а также зависит от категории общества. Также ведется учет данных и принципов построения схемы расчета при эвакуации людей, характеристики движений людей различных групп мобильности, а также значения площади горизонтальных проекций людей для всех контингентов[6].

Время блокирования путей эвакуации $t_{бл}$ определяется в результате расчетов времени достижения ОФП его ПДЗ.

$K_{нз,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Он рассчитывается по формуле:

$$K_{нз,i} = 1 - (1 - K_{обн,i} \times K_{соузэ,i}) \times (1 - K_{обн,i} \times K_{пдз,i}) \quad (7)$$

где, $K_{обн,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Значение параметра $K_{обн,i}$ принимается равным $K_{обн,i} = 0.8$, если выполняется хотя бы одно из условий, прописанных в нормативной документации. В остальных случаях $K_{обн,i}$ принимается равным нулю.

$K_{соузэ,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

Значение $K_{COVЭ,i}$ принимается равным $K_{COVЭ,i}=0.8$, если выполняется хотя бы одно из следующих условий, прописанных в нормативной документации. В остальных случаях $K_{COVЭ,i}$ принимается равным нулю.

$K_{ПДЗ,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Значение параметра $K_{ПДЗ,i}=0.8$, если выполняется хотя бы одно из этих условий, прописанных в нормативной документации.

3.2 Эвакуация

Эвакуация людей – процесс самостоятельного организованного движения людских потоков непосредственно наружу или в безопасную зону из зданий, в которых воздействуют на людей ОФП.

Пути эвакуации – последовательность коммуникационных участков, которые ведут от мест нахождения людей в зону безопасности. Данный путь должен быть оснащен комплексом организационных мероприятий.

Эвакуационный выход – выход на путь эвакуации, который ведет в зону безопасности и отвечает требованиям пожарной безопасности.

Существует ряд мероприятий, которые обеспечивают предохранение эвакуационных путей и их защиту[19]:

- Объемно-планировочные: короткие дистанции до эвакуационных выходов, их нужная ширина, изоляция от взрыво- и пожароопасных помещений путей эвакуации, способы передвижения к нескольким выходам;
- Эргономические: определение размеров путей эвакуации и выходов, которые отвечают антропометрическим параметрам людей, особенностям их перемещения;
- Конструктивные: устойчивость, прочность и стойкость конструкций путей эвакуации и выходов, нормы по горючести отделки, перепадов уровня высот на путях эвакуации, размеры ступеней, уклона пандусов и лестниц;
- Инженерно-технические мероприятия: устройство защиты от дыма, оборудование автоматическими установками пожаротушения, планировка

нормированной освещенности, расстановка световых указателей, громкоговорителей, систем оповещения.

– Организационные: обеспечение работы при пожаре всех эвакуационных выходов и поддержание на необходимом уровне.

В сводах правил СП 1.13130.2009. «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы», СП 3.13130.2009. «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» содержатся «общие требования к эвакуационным путям и эвакуационным выходам».

3.2.1 Расчет времени эвакуации

«Продолжительность эвакуации людей до выхода из здания определяют по пропускной способности дверей и лестниц и длине путей эвакуации. Расчет ведется для условий, что на путях эвакуации плотности потоков равномерны и достигают максимальных значений»[5].

Согласно ГОСТ 12.1.004–91 «Пожарная безопасность. Общие требования», «общее время эвакуации людей есть сумма интервала времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей $t_{нэ}$, и расчетного времени эвакуации t_p , представляющего собой сумму времени движения людского потока по отдельным участкам его маршрута от места нахождения людей в момент начала эвакуации до эвакуационных выходов из помещения, с этажа, из здания»[5].

В связи с тем, что продолжительность этапа начала эвакуации, значительно влияет на общее время и качество эвакуации, важно знать факторы, определяющие его величину. К таким основным факторам относят: состояние человека, систему оповещения, действия рабочих, социальные и родственные связи человека, тренинги по пожарной безопасности и обучение, тип зданий. Время задержки начала эвакуации определяется согласно Методике расчета времени эвакуации.

Время эвакуации при расчете людей t_p «определяется как сумма времени движения людского потока по отдельным участкам пути» t_i :

$$t_p = t_{н.э} + t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i, \quad (8)$$

где, $t_{н.э}$ – время задержки начала эвакуации; t_1, t_2, t_3, t_i – время движения людского потока на первом и каждом из следующих после первого участкам пути, мин.

Общий путь движения потоков людей разбивается на участки (проходы, коридоры, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной L и шириной δ_j . «Длина и ширина каждого участка пути принимаются по проекту. Длина пути по лестничным маршам, а также по пандусам измеряется по длине марша»[5].

Время движения людского потока *по первому участку пути* (t_1), мин, определяют по формуле:

$$t_1 = \frac{L_1}{V_1} \quad (9)$$

где, L_1 – длина первого участка пути, м; V_1 – скорость движения потоков людей по горизонтальному пути, определяется в зависимости от относительной плотности людского потока D , м²/м².

Плотность потоков людей (D) на участке №1 по пути эвакуации, м/м, определяют по формуле[5]:

$$D = \frac{N_1 \cdot f}{L_1 \cdot b_1}; \quad (10)$$

где, N_1 – число людей на первом участке, чел; f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, принимаемая по таблице 3, м²/чел;

Таблица 3 – Площадь проекции человека

Характеристика движущегося человека	Значение, м ² /чел.
Взрослый человек в домашней одежде	0,1
Взрослый человек в зимней одежде	0,125
Взрослый с ребенком на руках	0,26
Взрослый с сумкой	0,16
Взрослый с чемоданом	0,35
Подросток	0,07

Скорость движения потоков людей V_1 на участках пути, следующих после первого, принимается по таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость скорости и интенсивности движения от плотности людского потока

Плотность потока $D, \text{ м}^2/\text{м}^2$	Горизонтальный путь		Дверной проем	Лестница вниз		Лестница вверх	
	$V, \text{ м/мин}$	$q >, \text{ м/мин}$		$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м/мин}$	$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м/мин}$
0,01	100	1,0	1,0	100	1,0	60	0,6
0,05	100	5,0	5,0	100	5,0	60	3,0
0,1	80	8,0	8,7	95	9,5	53	5,3
0,2	60	12,0	13,4	68	13,6	40	8,0
0,3	47	14,1	15,6	52	16,6	32	9,6
0,4	40	16,0	18,4	40	16,0	26	10,4
0,5	33	16,5	19,6	31	15,6	22	11,0
0,6	27	16,2	19,0	24	14,4	18	10,6
0,7	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,8	19	15,2	17,3	13	10,4	10	10,0
0,9 и более	15	13,5	8,5	10	7,2	8	9,9

Примечание. Табличное значение интенсивности движения в дверном проеме при плотности потока 0,9 и более, равно 8,5 м/мин, установлено для дверного проема шириной 1,6 м и более.

Скорость находится в зависимости от значения интенсивности движения потоков людей по каждому из этих участков пути, которое вычисляют для всех участков пути и для дверных проемов, по формуле:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}; \quad (11)$$

где, δ_i и δ_{i-1} – ширина рассматриваемого i -го и предшествующего ему участка пути, м; q_i и q_{i-1} – значения интенсивности движения людского потока по рассматриваемому i -му и предшествующему участкам пути, м/мин.

Если значение q_i , определяемое по формуле (11), меньше или равно значению q_{max} , то время движения по участку пути – t_i в минуту: при этом значения q_{max} , м/мин, следует принимать по таблице интенсивности движения людей. В таблице 5 указана интенсивность движения людей в зависимости от рассматриваемого участка пути.

Таблица 5 – Интенсивность движения людей

Вид пути	Интенсивность движения, м/мин
горизонтальный	16,5
дверной проем	19,6
лестница вниз	16
лестница вверх	11

Если значение q_i определенное по формуле (11) больше q_{max} , то ширину δ_j данного участка пути следует увеличивать на такое значение, при котором соблюдается условие:

$$q_i \leq q_{max}; \quad (12)$$

При слиянии вначале участка i двух и более людских потоков интенсивность движения q_i , м/мин, вычисляют по формуле:

$$q_i = \frac{\sum q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}; \quad (13)$$

где, q_{i-1} – интенсивность движения людских потоков, сливающихся в начале участка, м/мин; δ_{i-1} – ширина участков пути слияния, м; δ_i – ширина рассматриваемого участка пути, м.

Интенсивность движения в дверном проеме шириной менее 1,6 м определяется по формуле:

$$q_d = 2,5 + 3,75 \cdot \delta; \quad (14)$$

где, δ – ширина проема, м.

Время движения через проемы вычисляется как частное деления количества людей в потоке на пропускную способность проема:

$$q_d = \frac{N \cdot f}{q \cdot \delta} \quad (15)$$

3.2.2 Расчет времени блокирования

«Время $t_{\delta n}$ ($\tau_{\delta n}$) определяют путем расчета значений допустимой концентрации дыма и других ОФП на эвакуационных путях в различные моменты времени. Допускается время $t_{\delta n}$ ($\tau_{\delta n}$) принимать равным необходимому времени эвакуации $t_{н\delta}$ ($\tau_{н\delta}$). Необходимое время эвакуации определяется как

произведение критической для человека продолжительности пожара на коэффициент безопасности»[5].

Критическая продолжительность пожара для людей, которые находятся на этаже очага пожара, определяется из условия достижения одним из его ОФП своего ПДЗ [5].

Уравнения движения, которые связывают значения перепадов давлений на проемах с расходами через проемы, имеют вид[5]:

$$G = \text{sign}(\Delta P) \mu B (y_2 - y_1) \sqrt{2 \tilde{\rho} |\Delta P|} \quad (16)$$

где G – расход через проем, $\text{кг} \cdot \text{с}^{-1}$; μ – коэффициент расхода проема ($\mu = 0,8$ для закрытых проемов и $\mu = 0,64$ для открытых); B – ширина проемов, м; y_2 , y_1 – нижняя и верхняя границы потока, м; $\tilde{\rho}$ – плотность газов, проходящих через проем, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; ΔP – средний в пределах y_2 , y_1 перепад полных давлений, Па.

Нижняя и верхняя границы потока находятся в зависимости от положения плоскости равных давлений:

$$y_0 = \frac{P_i - P_j}{g(\rho_j - \rho_i)} \quad (17)$$

где, P_i , P_j – статическое давление на уровне пола i -го и j -го помещений, Па; ρ_i , ρ_j – среднеобъемные плотности газа в j -м и i -м помещениях, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$; g – ускорение свободного падения, $\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$.

Расчет $t_{нб}$ производится для наиболее опасного варианта развития пожара, который характеризуется наибольшим темпом увеличения ОФП на объекте защиты. Для начала рассчитывают значения критической продолжительности пожара ($t_{кр}$) по условию достижения каждым из ОФП его ПДЗ в зоне нахождения людей (в рабочей зоне)[5]:

по повышенной температуре:

$$t_{\text{ксп}}^m = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0)z} \right] \right\}^{1/n}, B = \frac{353 C_p \times V}{(1 - \varphi) \eta Q}, \quad (18)$$

по потере видимости:

$$t_{\text{ксп}}^{m, \varepsilon} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 - \frac{V \ln(1,05 \alpha E)}{l_{\text{пр}} B D_m z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (19)$$

по пониженному содержанию кислорода:

$$t_{\text{ксп}}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (20)$$

по каждому из газообразных токсичных продуктов горения:

$$t_{\text{ксп}}^{m, \varepsilon} = \left\{ \frac{B}{A} \ln \left[1 - \frac{V X}{B L z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}, \quad (21)$$

где, B – размерный комплекс, зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения, кг; t_0 – начальная температура воздуха в помещении, °С; n – показатель степени, учитывающий изменение массы выгорающего материала во времени; A – размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара, кг·с⁻ⁿ; z – безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения; Q – низшая теплота сгорания материала, МДж·кг⁻¹; C_p – удельная изобарная теплоемкость газа МДж·кг⁻¹·К⁻¹; φ – коэффициент теплопотерь; η – коэффициент полноты горения; V – свободный объем помещения, м³; α – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации; E – начальная освещенность, лк; $l_{\text{пр}}$ – предельная дальность видимости в дыму, м; D_m – дымообразующая способность горящего материала, Нп·м²·кг⁻¹; L – удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг·кг⁻¹; X – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг·м⁻³ ($X_{\text{CO}_2} = 0,11$ кг·м⁻³; $X_{\text{CO}} = 1,16 \cdot 10^{-3}$ кг·м⁻³; $X_{\text{HC}} = 23 \cdot 10^{-6}$ кг·м⁻³); L_{O_2} – удельный расход кислорода, кг·кг⁻¹[5].

Если под знаком логарифма получается отрицательное число, то данный ОФП не представляет опасности. Параметр Z вычисляют по формуле[5]:

$$Z = \frac{h}{H} \exp\left(1,4 \frac{h}{H}\right), \text{ при } H \leq 6 \text{ м,} \quad (22)$$

где h – высота рабочей зоны, м; H – высота помещения, м.

Определяется высота рабочей зоны:

$$h = h_{\text{пл}} + 1,7 - 0,5\delta, \quad (23)$$

где, $h_{\text{пл}}$ – высота площадки, на которой находятся люди, над полом помещения, м; δ – разность высот пола, равная нулю при горизонтальном его расположении, м.

Параметры « A » и « n » вычисляют так:

1) для случая горения жидкости с установившейся скоростью: $A = \psi_F \cdot F$, $n = 1$; где ψ_F – удельная массовая скорость выгорания жидкости, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$;

2) для кругового распространения пожара: $A = 1,05\psi_F \cdot v^2$, $n = 3$; где v – линейная скорость распространения пламени, $\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$;

3) для вертикальной или горизонтальной поверхности горения в виде прямоугольника, одна из сторон которого увеличивается в двух направлениях за счет распространения пламени: $A = \psi_F \cdot v \cdot b$, $n = 2$; где b – перпендикулярный к направлению движения пламени размер зоны горения, м.

При отсутствии специальных требований значения α и E принимаются равными 0,3 и 50 лк соответственно, а значение $l_{\text{пр}} = 20$ м. Исходные данные для проведения расчетов могут быть взяты из справочной литературы.

Из полученных в результате расчетов значений критической продолжительности пожара выбирается минимальное:

$$t_{\text{кп}} = \min \{t_{\text{кп}}^{\text{м}}, t_{\text{кп}}^{\text{н.с}}, t_{\text{кп}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кп}}^{\text{м.з}}\} \quad (24)$$

Необходимое время эвакуации людей ($t_{\text{но}}$), мин, из рассматриваемого помещения рассчитывают по формуле:

$$t_{\text{нб}} = \frac{0,8t_{\text{вп}}}{60}.$$

(25)

4. Специализированные программы расчета «СИТИС:ВИМ 1.90.16231» и «СИТИС:Флоутек 3.11.16231»

Программа «СИТИС: ВИМ 1.90.16231» производит расчет динамики развития ОФП по интегральной модели развития[9].

Программа содержит возможность определения критической продолжительности пожара, времени блокирования эвакуационных путей, в том числе с учетом работы систем дымоудаления и подпора воздуха. В программе запрограммирована встроенная база исходных данных, типовых горючих нагрузок согласно справочнику Кошмарова Ю.А. «Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении».

Предусматривается возможность создания нескольких расчетных сценариев с неограниченным количеством элементов топологии. Наглядным пособием служит 2D/3D анимация распространения ОФП с возможностью пошагового просмотра, возможна работа с единым файлом проекта в составе комплекса программ СИТИС для расчета пожарного риска.

Для визуализации проведенных расчетов есть специальная возможность построения графиков развития ОФП с указанием предельных значений.

Также данная программа позволяет определить расчетное время блокирования эвакуационных путей, что является неотъемлемой частью для определения индивидуального пожарного риска в последующих расчетах.

Для расчета времени эвакуации и времени скопления принята упрощенная аналитическая модель движения людского потока. Данная модель принята для анализа исходя из следующих факторов:

- 1) проектируемое здание имеет четкую систему эвакуационных путей, которая может быть представлена системой проходов, коридоров и лестниц;

- 2) в здании при рассмотрении расчетной ситуации находится значительное количество людей, которые при начале движения быстро формируют на путях эвакуации потоки, с достаточной степенью достоверности описываемых упрощенной аналитической моделью.

Упрощенная аналитическая реализуется программой «СИТИС: Флоутек 3.11.16231»[10]. Интерфейс программы позволяет анализировать и проверять исходные данные и результаты расчета.

5. Расчет пожарного риска в 8-ом корпусе ТПУ

С целью последующего расчета пожарного риска и сравнения результатов расчета в специализированных программах и согласно Методике, выполнен весь перечень необходимых действий по определению величин пожарного риска на рассматриваемом объекте защиты – 8-ом корпусе ТПУ.

5.1 Анализ пожарной опасности объекта защиты 8-ого корпуса ТПУ

Для начала был проведен анализ пожарной опасности 8-ого корпуса ТПУ. 8-ой корпус Национального Исследовательского Томского Политехнического Университета (далее – 8 корпус ТПУ) располагается в одном здании по адресу: 634034, г. Томск, ул. Усова, 7. Площадь объекта 43194,304 м², объем здания 215971,52 м³, здание трехэтажное, здание корпуса соответствует 2-ой степени огнестойкости, класс функциональной пожарной опасности – Ф 4.2. (здания образовательных организаций высшего образования).

Фундамент – бутовый, стены снаружи выполнены из кирпича, кровля битумная, перекрытия – из бетона, внутренние стены и перегородки – из кирпича. В отделке помещений используются следующие горючие материалы: пластик, дерево, линолеум. Согласно паспорту безопасности, пожарная нагрузка 8 корпуса ТПУ составляет 300 кг/м².

В корпусе один главный выход, состоящий из трех двойных дверей и 4 запасных аварийных выхода. Состояние входов и выходов, подъездных путей удовлетворительное. Главный выход состоит из трех двойных дверей шириной по 3 м и высотой 2,1 м. 4 аварийных запасных выхода состоят из дверей шириной 0,75 м и высотой 1,5 м.

Напротив, в 8 метрах от 8 корпуса ТПУ, расположено ЗАО «Томский электроламповый завод» (ЗАО «ТЭЛЗ»), крупное предприятие по производству электрических ламп накаливания. На расстоянии 320 м на запад от здания библиотеки расположено ЗАО «Томский электромеханический завод» – крупное предприятие по производству горно-шахтного оборудования.

На рассматриваемом объекте защиты существует большая вероятность возникновения пожароопасных ситуаций, как одной из самых крупных ЧС. Условиями или обстоятельствами, способствующими возникновению пожара на в период эксплуатации, являются: взрывоопасные свойства обращающихся веществ, техническое состояние объекта, опасные метеорологические условия, возникновение пожароопасных ситуаций ввиду неисправностей.

На первом этаже находится приблизительно 150 человек на количество посадочных мест, в период с 8:00 до 22:00 в возрасте от 16 до 52 лет. Места сосредоточения людей в ночное время: 1 человек (с 22:00 часов до 8:00 часов) – вахта, возраст от 45 до 62 лет.

С целью выполнения норм по пожарной безопасности смонтирована система оповещения и управления эвакуацией (далее – СОУЭ) людей при пожаре в здании, извещатели типа ДИП ЗСУ, ИПД 3.1М, ИПР ЗСУ, «Легард-РИП», место расположение пультового управления (далее – ПУ) в помещении вахтовой службы на 1-ом этаже, порядок задействования ПУ – ручной или автоматический режим.

В 8-ом корпусе ТПУ расположены фотолюминесцентные эвакуационные системы (далее – ФЭС) по путям эвакуации с этажей к выходу. Согласно ГОСТ Р 12.2.143-2009, ФЭС – автономная, самостоятельная система безопасности, применяемая для организации управления движением людей по путям эвакуации с целью уменьшения времени эвакуации из здания и сообщения о структуре путей эвакуации, правилах поведения в условиях темноты. Она содержит в себе элементы, которые обозначают: путь эвакуации; эвакуационные двери и аварийные выходы; опасные места; места размещения спасательных средств, средств противопожарной и противоаварийной защиты, средств связи; объекты оперативного опознания.

В 8 корпусе ТПУ на каждом этаже есть этажный план эвакуации, размером 600×400 мм, выполненный на основе фотолюминесцентных материалов; фон плана – желтовато-белого цвета, надписи и графические изображения (кроме знаков безопасности и символов) выполненные в черном

цвете. На плане отражены все эвакуационные пути и выходы с рассматриваемого этажа, лестницы, лестничные клетки и аварийные выходы, необходимые для эвакуации людей, места размещения самого плана эвакуации в корпусе, средств противопожарной и индивидуальной защиты, спасательные и медицинские средства связи.

Согласно ГОСТ Р 12.2.143-2009, планы эвакуации должны включать в себя графическую и текстовую части[8]. Графическая часть должна содержать в себе этажную (секционную) планировку зданий. На рассматриваемом объекте защиты используются знаки выходов на дверях эвакуационных выходов на маршрутах эвакуации с первого этажа.

В 8-ом корпусе ТПУ имеются первичные средства пожаротушения – огнетушители во всех аудиториях и в коридорах, находящиеся в рабочем и исправном состоянии.

На объекте защите был взят на рассмотрение только один первый этаж, так как он является прототипом всех остальных этажей в корпусе, и может быть принят как основной, на котором в течении всего рабочего дня присутствуют люди.

5.2 Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций

За прошедший год в 8-ом корпусе ТПУ не зафиксировано ни одного пожара и ЧС.

В соответствии с информацией по статистике о частоте возникновения пожаров в здании, частоту возникновения пожаров в 8-ом корпусе ТПУ за год для расчетов принимают равной $1,16 \cdot 10^{-2}$ для общеобразовательных организаций[6].

5.3 Сценарии развития пожара для первого этажа 8-ого корпуса ТПУ

Для построения полей ОФП проводился экспертный выбор сценариев развития пожара, при которых ожидаются опасные последствия для людей в корпусе [6]. Рассмотрим первый этаж 8-ого корпуса ТПУ и опишем четыре сценария развития пожара.

Итого по 1-ому этажу: общая площадь этажа – 10798,576 м², объем пожарной нагрузки – 80 кг/м². Основными составляющими пожарной нагрузки являются: мебель (деревянные столы, стулья, шкафы), электрооборудование (компьютеры), установки и приборы для выполнения лабораторных работ по электротехнике и основам безопасности жизнедеятельности, книги на стеллажах (стеллажи из железного каркаса или деревянные), бумага.

Цель расчета по сценариям развития пожара – определение времени, за которое люди в случае пожара смогут покинуть 1-ый этаж 8-ого корпуса ТПУ из аудиторий, где произошел пожар.

Далее будут прописаны четыре варианта сценария развития пожара, и результаты расчетов времени блокирования эвакуационных путей и времени эвакуации в специализированных программах и выполненные согласно Методике с указанием полученных численных значений.

5.3.1 Расчет времени блокирования и времени эвакуации с использованием специализированных компьютерных программ «СИТИС:ВИМ 1.90.16231» и «СИТИС:Флоутек 3.11.16231»

Расчет проводится с использованием специальных программ – «СИТИС:ВИМ 1.90.16231» и «СИТИС: Флоутек 3.11.16231».

При расчете времени эвакуации в программе указывается количество эвакуируемых человек с аудитории, в которой произошел пожар, а также общее количество всех оставшихся человек на первом этаже; указываются площади проекции людей – взрослые в летней одежде; параметры движения потока – обычный поток и время начала эвакуации в соответствии с программой расчета. Далее производим расчет времени эвакуации. Считаем, что все выходы остаются открытыми и люди эвакуируются через ближайшие выходы.

Сценарий строится исходя из топологии здания. Для 8-ого корпуса ТПУ топология здания строилась исходя из плана эвакуации с 1-ого этажа. В программе задается начальная освещенность всех объектов (аудиторий, коридоров, холлов), а также материал их изготовления. При построении

топологии здания указывается площадь каждого помещения в здании (указывается его длина и высота).

Начальная освещенность здания равна 50 лк; температура – 25°C. После построения топологии здания, задается освещенность аудиторий и коридоров исходя из нормативных значений по освещенности [11], а также материал изготовления стен и перекрытий: освещенность аудиторий – 300 лк, материал стен – красный кирпич. Освещенность коридоров – 50-60 лк, материал стен – красный кирпич. Освещенность лестниц – 50-70 лк, материал – красный кирпич. Освещенность холла – 50-75 лк, материал стен – красный кирпич.

Размещаем двери и окна (вертикальный проем), учитывая их состояние – открытые или закрытые проемы (для закрытых проемов задается состояние 8 %, для открытых – 64 %). Размер дверей: длина – 0,2 м, ширина – 0,75 м, высота – 1,5 м; размер дверей на основном эвакуационном выходе из здания 8 учебного корпуса составит: длина – 0,2 м, ширина – 3 м, высота – 2,1 м; размер окон: ширина – 1,2 м, высота – 1,5 м. При построении сценария пожара учитываются состояния проемов (окон) – в открытом или в закрытом состоянии находится дверь (64% – для открытых дверей и 8% – для закрытых). При построении сценария развития пожара на рассматриваемом объекте защиты, принимаем наихудший вариант развития пожара – один эвакуационный выход и все окна и двери закрыты (состояние проемов составляет 8%).

Далее задается тип пожарной нагрузки. Согласно, пособию по применению СП 12.13130.2009[12] в программе указывается низшая теплота сгорания пожарной нагрузки.

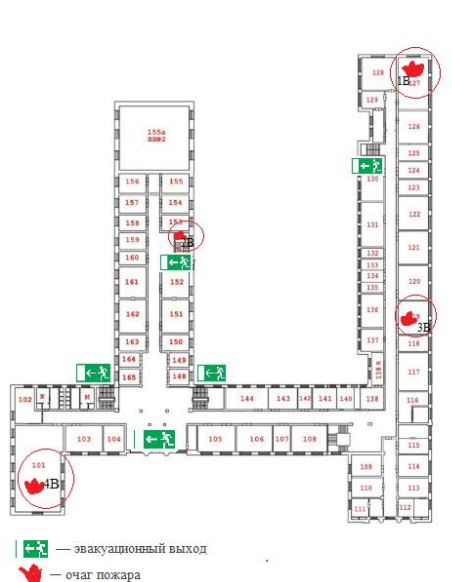


Рисунок 1– Схема расположения очагов пожара для четырех сценариев развития пожара в аудиториях корпуса

В сценарии 1 (В1) пожар произошел в учебной аудитории №127 – компьютерном классе из-за возгорания системного блока компьютера.

Площадь помещения 109,67 м² (длина – 17,03 м; ширина – 6,44 м).

Люди эвакуируются к ближайшему эвакуационному выходу через дверь шириной 0,75 м, ведущему в подвал, а затем наружу из 8 корпуса ТПУ. Расстояние наиболее дальней точки помещения от эвакуационных выходов составляет 27,91 м. Ширина коридора составляет 2,66 м.

Количество людей, находящихся в эвакуируемой аудитории составляет **20** человек (студенты – 18 человек; преподаватель – 1 человек и лаборант– 1 человек). Общее количество людей, находящихся на первом этаже составляет 130 человек, включая студентов, преподавателей и рабочий персонал. Все оставшиеся 130 человек распределены по другим аудиториям первого этажа и эвакуируются через другие незаблокированные эвакуационные выходы.

Была взята поверхность горения площадью 38,58 м². Типовая горючая нагрузка – кабинет с мебелью и бумагой, в кабинете есть провода и кабели. Источник зажигания – питающий шнур компьютера.

Данные о низшей теплоте сгорания топлива необходимы для расчета в программе. Они берутся согласно нормативно-техническому документу Пособие по применению СП 12.13130.2009 «Определение категорий

помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности». Они вносятся в программу и, исходя из этих данных, в дальнейшем определяется время блокирования. В приложении указаны таблицы с характеристиками пожарной нагрузки и данными по низшей теплоте сгорания пожарной нагрузки аудиторий.

В ходе расчета в программе «СИТИС:ВИМ» по первому сценарию развития пожара было определено время блокирования из здания 8 корпуса ТПУ ($t_{\text{бл}}$); $t_{\text{бл}} > 600 \text{ с} > 10 \text{ минут}$. В отдельной выбранной расчетной точке время блокирования путей эвакуации составило: $t_{\text{бл}} = 63,2 \text{ сек} = 1,05 \text{ мин}$ (берем полученный результат для сравнения при определении величины индивидуального пожарного риска).

В ходе расчета в программе «СИТИС: Флоутек» по первому сценарию развития пожара было определено время эвакуации из здания 8 корпуса ТПУ (t_p) $t_p = 0,67 \text{ мин}$; время скопления составило $t_{\text{ск}} = 0,63 \text{ мин}$.

В сценарии 2 (В2) пожар произошел в учебной аудитории №155а с оборудованием по выполнению лабораторных работ по электротехнике по причине замыкания проводов установки.

Площадь помещения $174,57 \text{ м}^2$ (длина – 14,25 м; ширина – 11,38 м). Люди эвакуируются к ближайшему запасному эвакуационному выходу, ведущему наружу из 8 корпуса ТПУ через дверь шириной 0,75 м. Расстояние наиболее дальней точки помещения от эвакуационных выходов составляет 33,75 м. Ширина коридора составляет 1,3 м.

Количество людей, находящихся в эвакуируемой аудитории составляет **20** человек (студенты – 19 человек и преподаватель – 1 человек). Общее количество людей, находящихся на первом этаже составляет 150 человек, включая студентов, преподавателей и рабочий персонал. Все оставшиеся 130 человек распределены по другим аудиториям первого этажа и эвакуируются через другие незаблокированные эвакуационные выходы.

Была взята поверхность горения площадью $58,33 \text{ м}^2$. Типовая горючая нагрузка – кабинет с мебелью и бумагой, имеются кабели и провода, а также

установки для выполнения лабораторных работ по электротехнике. Источник зажигания – питающий провод установки.

В ходе расчета в программе СИТИС:ВИМ по второму сценарию развития пожара было определено время блокирования из 8-ого корпуса ТПУ($t_{\text{бл}}$); $t_{\text{бл}} > 600 \text{ с} > 10 \text{ минут}$. В отдельной выбранной расчетной точке время блокирования путей эвакуации составило $t_{\text{бл}} = 78 \text{ сек} = 1,3 \text{ мин}$.

В ходе расчета в программе СИТИС: Флоутек по второму сценарию развития пожара было определено время эвакуации из здания 8 корпуса НИ ТПУ(t_p); $t_p = 0,68 \text{ мин}$; время скопления составило $t_{\text{ск}} = 0, 63 \text{ мин}$.

В сценарии 3 (В3) пожар произошел в учебной аудитории №119 – компьютерном классе во время занятий по причине взрыва системного блока.

Площадь помещения 50,1 м² (длина – 7,94 м, ширина – 6,31 м). Люди эвакуируются к ближайшему основному эвакуационному выходу, ведущему непосредственно наружу из здания через три двойные двери шириной по 3 метра и высотой 2,1 м. Расстояние наиболее дальней точки помещения от эвакуационных выходов составляет 97,05 м. Ширина коридора на первом пути составляет 4 м; затем эвакуирующиеся переходят на второй путь, в холл шириной 9,98 м; затем эвакуируются по третьему пути через коридор шириной 3,03 м; на четвертом участке переходят в холл шириной 16,58 м и далее эвакуируются наружу через основной эвакуационный выход.

Количество людей, находящихся в эвакуируемой аудитории составляет **25** человек (студенты – 24 человека и преподаватель – 1 человек). Общее количество людей, находящихся на первом этаже составляет 150 человек, включая студентов, рабочий персонал и преподавателей. Все оставшиеся 125 человек распределены по другим аудиториям первого этажа и эвакуируются через другие незаблокированные эвакуационные выходы.

Была взята поверхность горения площадью 3,17 м². Типовая горючая нагрузка – кабинет с компьютерами, мебелью и бумагой, имеются кабели и провода. Источник зажигания – горящий электроприбор (горящий сетевой фильтр компьютера).

В ходе расчета в программе «СИТИС:ВИМ» по третьему сценарию развития пожара было определено время блокирования из здания 8 корпуса ТПУ ($t_{\text{бл}}$); $t_{\text{бл}} > 600 \text{ с} > 10 \text{ минут}$. В отдельной выбранной расчетной точке время блокирования путей эвакуации составило $t_{\text{бл}} = 174 \text{ сек} = 2,9 \text{ мин}$

В ходе расчета в программе «СИТИС: Флоутек» по третьему сценарию развития пожара было определено время эвакуации из здания 8 корпуса ТПУ (t_p); $t_p = 1,02 \text{ мин}$; время скопления составило $t_{\text{ск}} = 1,08 \text{ мин}$.

В сценарии 4 (В4) пожар произошел в учебной аудитории №101 во время занятий по причине замыкания проводки в электрической сети.

Площадь помещения $188,87 \text{ м}^2$ (длина – 20,22 м; ширина – 9,53 м). Люди эвакуируются к ближайшему эвакуационному выходу, ведущему наружу из 8 корпуса ТПУ, через дверь шириной 1,3 м. Расстояние наиболее дальней точки от эвакуационных выходов 46,27 м. Ширина коридора составляет 3,03 м. Количество людей, находящихся в эвакуируемой аудитории составляет **40** человек (студенты – 39 человек и преподаватель – 1 человек). Общее количество людей, находящихся на первом этаже составляет 150 человек, включая студентов, рабочий персонал и преподавателей. Все оставшиеся 110 человек распределены по другим аудиториям первого этажа и эвакуируются через другие незаблокированные эвакуационные выходы.

Была взята поверхность горения площадью $3,17 \text{ м}^2$. Типовая горючая нагрузка – кабинет с мебелью и бумагой, имеются кабели и провода. Источник зажигания – горящая мебель (деревянная отделка и столы).

В ходе расчета в программе «СИТИС: ВИМ» по четвертому сценарию развития пожара было определено время блокирования из 8-ого корпуса ТПУ ($t_{\text{бл}}$); $t_{\text{бл}} > 600 \text{ с} > 10 \text{ минут}$. В отдельной выбранной расчетной точке время блокирования путей эвакуации составило $t_{\text{бл}} = 126 \text{ сек} = 2,1 \text{ мин}$

В ходе расчета в программе «СИТИС: Флоутек» по четвертому сценарию развития пожара было определено время эвакуации из 8-ого корпуса ТПУ (t_p); $t_p = 0,67 \text{ мин}$; время скопления составило $t_{\text{ск}} = 0,63 \text{ мин}$.

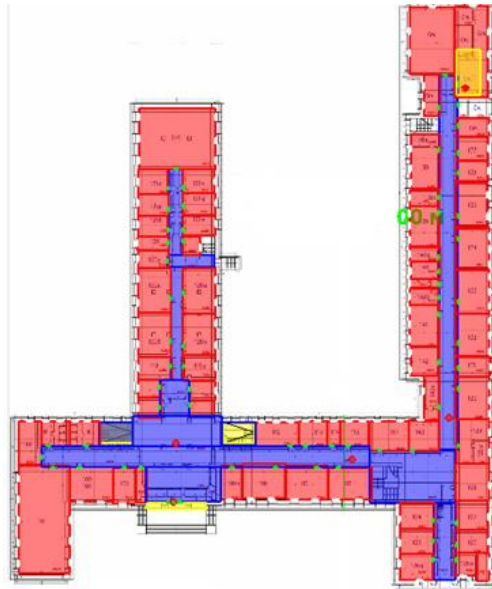


Рисунок 2 – Схема расположения условного очага пожара и источника зажигания в аудитории 127 8-ого корпуса ТПУ в программе «СИТИС:ВИМ 1.90.16231»

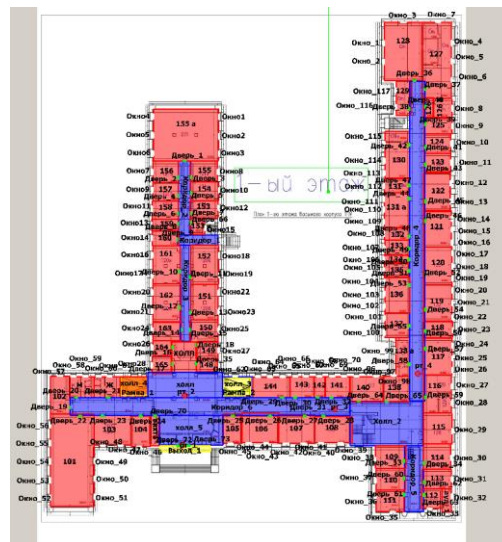


Рисунок 3 – Топология первого этажа 8-ого корпуса НИ ТПУ, построенная в программе «СИТИС: ВИМ 1.90.16231»

Расчитанное время эвакуации в программе по четырем сценариям развития пожара, позволило оценить пожароопасную обстановку в здании и проследить развитие каждого ОФП во времени.

На графиках отражено развитие всех ОФП для первой пожароопасной ситуации (расчетная точка взята в помещении холла) и увеличение площади пожара с течением времени. При пожаре угрозу жизни и здоровью людей представляют все указанные ОФП (с течением времени возрастает количество

угарного и углекислого газов, увеличивается значение температуры, снижается количество кислорода). Скорость развития ОПФ невысока и предоставленного фактора по времени достаточно для успешной эвакуации людей.

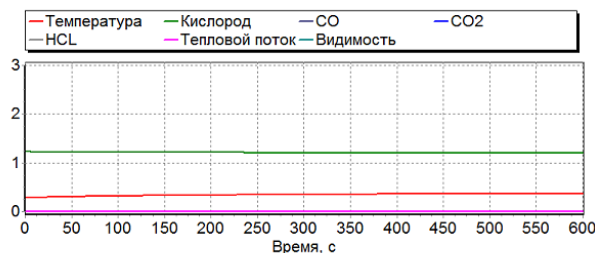


Рисунок 4 – Развитие всех ОПФ для первого сценария развития пожара

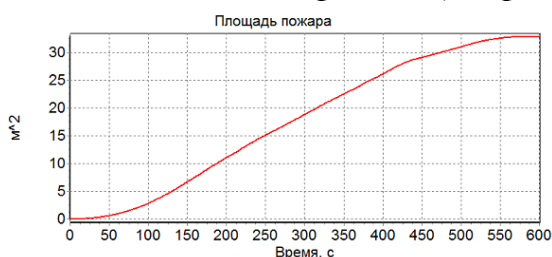


Рисунок 5 – Площадь развития пожара для первого сценария развития пожара

5.3.2 Расчет времени блокирования и времени эвакуации согласно Методике расчета

При расчете времени эвакуации все эвакуационные пути разбиваются на соответствующие участки.

В сценарии 1 (В1) пожар произошел в учебной аудитории №127 – компьютерном классе из-за возгорания системного блока компьютера.

Количество людей, находящихся в эвакуируемой аудитории составляет **20** человек. Общее количество людей, находящихся на первом этаже составляет 130 человек. Количество людей, находящихся в эвакуируемом крыле – **60 человек**.

Все участки пути по первому сценарию разобьем на 3 участка при эвакуации.

Первый участок: $N_1=20$ – число людей на участке; $l_1=27,91$ – длина участка, м; $\delta_1=2,66$ – ширина начального участка, м; $f = 0,16$ м²/чел – средняя площадь проекции человека таблица 3 (п. 2.4, прил.2, ГОСТ 12.1.004 – 91).

Рассчитываем плотность потока людей на первом участке пути эвакуации:

$$D_{1} = \frac{N_{1} \times f}{l_{1} \times \sigma_{1}} = \frac{20 \times 0,16}{27,91 \times 2,66} = 0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице 4 определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=1$ м/мин, $V_n=100$ м/мин. При $q_n=5$ м/мин $< q_{max}=16,5$ м/мин, где q_{max} – максимальное значение интенсивности движения людского потока для горизонтальных путей, определяемое по таблице 5; людской поток движется без задержек.

Рассчитываем время на участке №1:

$$t_{1} = \frac{l_{1}}{V_{1}} = \frac{27,91}{100} = 0,2791 \text{ мин} - \text{время эвакуации на первом участке пути}$$

Участок №2: $N_2=20+20=40$ чел; $l_2=56$ м; $\delta_2=2,66$ м

Рассчитываем плотность потоков людей на участке №2 по путям эвакуации:

$$D_{2} = \frac{N_{2} \times f}{l_{2} \times \sigma_{2}} = \frac{40 \times 0,16}{56 \times 2,66} = 0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Интенсивность движений потоков людей и его скорость: $q_2=2$ м/мин, $V_2=100$ м/мин. Отсюда, выполняется условие: $q_2=2$ м/мин $< q_{max}=16,5$ м/мин, поэтому людской поток движется без задержек.

Определяем расчетное время на участке №2:

$$t_{2} = \frac{l_{2}}{V_{2}} = \frac{56}{100} = 0,56 \text{ мин} - \text{время эвакуации на участке №2 по путям эвакуации}$$

Участок №3: $N_3=20$ чел, $\delta_3=12$ м, $\delta_3=2,66$ м.

Определяем плотность людского потока на участке №3 по путям эвакуации:

$$D_{3} = \frac{N_{3} \times f}{l_{3} \times \sigma_{3}} = \frac{20 \times 0,16}{12 \times 2,66} = 0,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Интенсивность движения потоков людей и его скорость: $q_3=2$ м/мин, $V_3=80$ м/мин. Условие $q_3=3$ м/мин $< q_{max}=16,5$ м/мин – выполняется условие, людской поток движется без задержек.

Определяем расчетное время на участке №3:

$$t_3 = \frac{l_3}{V_3} = \frac{12}{80} = 0,15 \text{ мин} - \text{ время эвакуации на третьем участке пути}$$

Вычисляем общее расчетное время эвакуации людей с аудитории №127, находящегося на 1 этаже 8-ого корпуса ТПУ в случае развития пожара по сценарию №1:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 = 0,2791 + 0,56 + 0,15 = 0,98 \text{ мин}$$

$t_p = 0,98 \text{ мин}$ – рассчитанная величина времени эвакуации для первого сценария развития пожара.

Расчетное время эвакуации с аудитории №127, находящегося на 1 этаже 8-ого корпуса ТПУ составляет **0,98 мин.**

В сценарии 2 (В2) пожар произошел в учебной аудитории №155а с оборудованием по выполнению лабораторных работ по электротехнике по причине замыкания проводов установки.

Количество людей, находящихся в эвакуируемой аудитории составляет **20 человек**. Общее количество людей, находящихся на первом этаже составляет 150 человек. Количество людей, находящихся в эвакуируемом крыле **50 человек**.

Все участки пути по второму сценарию разобьем на 2 участка при эвакуации.

Участок №1: $N_1=20$ чел, $l_1=33,75$ м, $\delta_1=1,3$ м; $f=0,16$ м²/чел.

Определяем плотность людского потока на участке №1 по путям эвакуации:

$$D_1 = \frac{N_1 \times f}{l_1 \times \sigma_1} = \frac{20 \times 0,16}{33,75 \times 1,3} = 0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Согласно таблице 4 вычисляем интенсивность движения потоков людей и его скорость: $q_1=1$ м/мин, $V_1=100$ м/мин; Условие $q_1=1$ м/мин $< q_{max}=16,5$ м/мин – выполняется; поток людей движется без задержек.

Определяем расчетное время на участке №1:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1} = \frac{33,75}{100} = 0,3375 \text{ мин} - \text{ время эвакуации на первом участке пути}$$

Участок №2: $N_2=30$ чел, $l_1=40$ м, $\delta_1=2$ м; $f=0,16$ м²/чел.

Определяем плотность людского потока для участка №2:

$$D_2 = \frac{N_2 \times f}{l_2 \times \sigma_2} = \frac{30 \times 0,16}{40 \times 2} = 0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Согласно таблице 4, вычисляем интенсивность движения потоков людей и его скорость: $q_2=2$ м/мин, $V_1=100$ м/мин; Условие $q_2=2$ м/мин $< q_{max}=16,5$ м/мин – выполняется, людской поток движется без задержек.

Определяем расчетное время на участке №2:

$$t_2 = \frac{l_H}{V_H} = \frac{40}{100} = 0,4 \text{ мин} - \text{ время эвакуации на втором участке пути}$$

Определяем общее расчетное время эвакуации людей с аудитории №155а, находящегося на 1 этаже 8-ого корпуса ТПУ в случае развития пожара по сценарию №2:

$$t_p = t_1 + t_2 = 0,3375 + 0,4 = 0,73 \text{ мин}$$

$t_p = 0,73$ мин – рассчитанная величина времени эвакуации для второго сценария развития пожара.

Расчетное время эвакуации с аудитории №155а, находящегося на 1 этаже 8-ого корпуса ТПУ составляет **0,73 мин.**

В сценарии 3 (В3) пожар произошел в учебной аудитории №119 – компьютерном классе во время занятий по причине взрыва системного блока.

Количество людей, находящихся в эвакуируемой аудитории составляет **25 человек.** Общее количество людей, находящихся на первом этаже составляет 150 человек. Количество людей, находящихся в эвакуируемом крыле **80 человек.**

Все участки пути по третьему сценарию разобьем на 6 участков пути при эвакуации:

Участок №1: $N_1=25$ чел, $l_1=37,05$ м, $\delta_1=3$ м; $f=0,16$ м²/чел.

Определяем плотность потоков людей на участке №1 по пути эвакуации:

$$D_1 = \frac{N_1 \times f}{l_1 \times \sigma_1} = \frac{25 \times 0,16}{97,05 \times 3} = 0,01 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Согласно таблице 3, вычислим интенсивность движения потоков людей и его скорость: $q_1=1$ м/мин, $V_1=100$ м/мин; Условие $q_1=1$ м/мин $< q_{max}=16,5$ м/мин – выполняется; людской поток движется без задержек.

Определяем расчетное время участка №1:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1} = \frac{37,05}{100} = 0,3705 \text{ мин} - \text{ время эвакуации на участке №1 по путям эвакуации}$$

Участок №2: $N_2=5$ чел, $l_1=20$ м, $\delta_1=3$ м; $f=0,16$ м²/чел.

Определяем плотность людского потока для участка №2:

$$D_2 = \frac{N_2 \times f}{l_2 \times \sigma_2} = \frac{5 \times 0,16}{20 \times 3} = 0,01 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Согласно таблице 4, определяем интенсивность движения людского потока и его скорость: $q_2=2$ м/мин, $V_2=100$ м/мин; Условие $q_2=2$ м/мин $< q_{max}=16,5$ м/мин – выполняется, людской поток движется без задержек.

Определяем расчетное время на участке №2:

$$t_2 = \frac{l_2}{V_2} = \frac{20}{100} = 0,2 \text{ мин} - \text{ время эвакуации на участке №2 по пути эвакуации}$$

Участок №3: $N_3=10$ чел, $l_3=10$ м, $\delta_1=2$ м; $f=0,16$ м²/чел.

Определяем плотность потоков людей для участка №3:

$$D_3 = \frac{N_3 \times f}{l_3 \times \sigma_3} = \frac{10 \times 0,16}{10 \times 2} = 0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Согласно таблице 4, определяем интенсивность движения потоков людей и его скорость: $q_3=3$ м/мин, $V_3=100$ м/мин; Условие $q_3=3$ м/мин $< q_{max}=16,5$ м/мин – выполняется, людской поток движется без задержек.

Определяем расчетное время на участке №3:

$$t_3 = \frac{l_3}{V_3} = \frac{10}{100} = 0,1 \text{ мин} - \text{ время эвакуации на третьем участке пути}$$

Участок №4: $N_4=28$ чел, $l_3=10$ м, $\delta_1=2$ м; $f=0,16$ м²/чел.

Определяем плотность людского потока для четвертого участка:

$$D_4 = \frac{N_4 \times f}{l_4 \times \sigma_4} = \frac{28 \times 0,16}{10 \times 2} = 0,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Согласно таблице 4, вычисляем интенсивность движения потоков людей и его скорость: $q_4=1$ м/мин, $V_4=60$ м/мин; Условие $q_4=1$ м/мин $< q_{max}=16,5$ м/мин – выполняется, людской поток движется без задержек.

Определяем расчетное время на участке №4:

$$t_4 = \frac{l_4}{V_4} = \frac{10}{60} = 0,16 \text{ мин} – \text{ время эвакуации на участке №4 по путям эвакуации}$$

Участок №5: $N_5=7$ чел, $l_5=5$ м, $\delta_l=4$ м; $f=0,16$ м²/чел.

Определяем плотность людского потока для участка №5:

$$D_5 = \frac{N_5 \times f}{l_5 \times \sigma_5} = \frac{7 \times 0,16}{5 \times 4} = 0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Согласно таблице 4, вычисляем интенсивность движения потоков людей и его скорость: $q_5=1$ м/мин, $V_5=100$ м/мин; Условие $q_5=1$ м/мин $< q_{max}=16,5$ м/мин – выполняется, людской поток движется без задержек.

Определяем расчетное время на участке №5:

$$t_5 = \frac{l_5}{V_5} = \frac{5}{100} = 0,05 \text{ мин} – \text{ время эвакуации на пятом участке пути}$$

Участок №6: $N_6=5$ чел, $l_6=7$ м, $\delta_l=4$ м; $f=0,16$ м²/чел.

Определяем плотность людского потока для участка №5:

$$D_6 = \frac{N_6 \times f}{l_6 \times \sigma_6} = \frac{5 \times 0,16}{7 \times 4} = 0,01 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Согласно таблице 4, определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_6=1$ м/мин, $V_6=100$ м/мин. Учитываем, что движение осуществляется через дверной проем. Для этого используем формулу:

$$q_l = \frac{q \times \delta}{\delta_{пр}} = \frac{1 \times 4}{4} = 1 \text{ м/мин}$$

При $q_6=1$ м/мин $< q_{max}=19,6$ м/мин – людской поток движется без задержек, где $q_{max}=19,6$ м/мин.

Определяем расчетное время на участке №6:

$$t_6 = \frac{l_6}{V_6} = \frac{7}{100} = 0,07 \text{ мин} – \text{ время эвакуации на участке №6 по путям эвакуации}$$

Рассчитываем общее расчетное время эвакуации людей с аудитории №119, находящегося на 1 этаже 8-ого корпуса ТПУ в случае развития пожара по сценарию №3:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 = 0,3705 + 0,2 + 0,1 + 0,16 + 0,05 + 0,07 = 0,95 \text{ мин}$$

$t_p = 0,95 \text{ мин}$ – рассчитанная величина времени эвакуации для третьего сценария развития пожара.

Расчетное время эвакуации с аудитории №119, находящегося на 1 этаже 8-ого корпуса ТПУ составляет **0,95 мин.**

В сценарии 4 (В4) пожар произошел в учебной аудитории №101 во время занятий по причине замыкания проводки в электрической сети.

Количество людей, находящихся в эвакуируемой аудитории составляет **40 человек**. Общее количество людей, находящихся на первом этаже составляет 150 человек. Количество людей, находящихся в эвакуируемом крыле **70 человек**.

Все участки пути по третьему сценарию разобьем на 3 участка пути при эвакуации:

Участок №1: $N_1=40$ чел, $l_1=46,27$ м, $\delta_1=3,03$ м; $f=0,16$ м²/чел.

Определяем плотность людского потока на участке №1 по путям эвакуации:

$$D_1 = \frac{N_1 \times f}{l_1 \times \delta_1} = \frac{40 \times 0,16}{46,27 \times 3,03} = 0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Согласно таблице 4, вычислим интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_1=1$ м/мин, $V_1=100$ м/мин; Условие $q_1=1$ м/мин $< q_{max}=16,5$ м/мин – выполняется; людской поток движется без задержек.

Определяем расчетное время на участке №1:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1} = \frac{46,27}{100} = 0,4627 \text{ мин} – \text{ время эвакуации на участке №1 по путям эвакуации}$$

Участок №1: $N_2=15$ чел, $l_2=20$ м, $\delta_2=3,03$ м; $f=0,16$ м²/чел.

Определяем плотность людского потока на участке №2 по путям эвакуации:

$$D_2 = \frac{N_2 \times f}{l_2 \times \sigma_2} = \frac{15 \times 0,16}{20 \times 3,03} = 0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Согласно таблице 4 определяем интенсивность движения людского потока и его скорость: $q_2=1$ м/мин, $V_2=100$ м/мин; Условие $q_2=1$ м/мин < $q_{max}=16,5$ м/мин – выполняется; людской поток движется без задержек.

Определяем расчетное время на участке №2:

$$t_2 = \frac{l_2}{V_2} = \frac{20}{100} = 0,2 \text{ мин} - \text{ время эвакуации на втором участке пути}$$

Участок №3: $N_3=15$ чел, $l_3=15$ м, $\delta_3=3,03$ м; $f=0,16$ м²/чел.

Определяем плотность людского потока на участке №3 по путям эвакуации:

$$D_3 = \frac{N_3 \times f}{l_3 \times \sigma_3} = \frac{15 \times 0,16}{15 \times 3,03} = 0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

Согласно таблице 4, вычислим интенсивность движения потоков людей и его скорость: $q_3=1$ м/мин, $V_3=100$ м/мин; Условие $q_3=1$ м/мин < $q_{max}=16,5$ м/мин – выполняется; людской поток движется без задержек.

Определяем расчетное время на участке №3:

$$t_3 = \frac{l_3}{V_3} = \frac{15}{100} = 0,15 \text{ мин} - \text{ время эвакуации на участке №3 по путям эвакуации}$$

Определяем общее расчетное время эвакуации людей с аудитории №101, находящегося на 1 этаже 8-ого корпуса ТПУ в случае развития пожара по сценарию №4:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 = 0,4627 + 0,2 + 0,15 = 0,81 \text{ мин}$$

$t_p=0,81$ мин – рассчитанная величина времени эвакуации для четвертого сценария развития пожара.

Расчетное время эвакуации с аудитории №101 находящегося на 1 этаже 8-ого корпуса ТПУ составляет **0,81 мин.**

Далее определим время блокирования эвакуационных путей.

Берем пожароопасные свойства пожарных нагрузок в аудиториях эквивалентными мебели в зданиях общеобразовательных учреждений по

таблице. Низшую теплоту сгорания берем для бумаги и древесины, как основной составляющей пожарной нагрузки учебных корпусов. В таблице 6 представлены пожароопасные свойства пожарной нагрузки аудиторий рассматриваемого объекта защиты.

Таблица 6 – Пожароопасные свойства пожарной нагрузки аудиторий 8-ого корпуса[21]

Параметр	Обозначение	Значение
Начальная температура воздуха в помещении	t_0	25°C
Низшая теплота сгорания бумаги и древесины	Q	$13,4 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$
Удельная массовая скорость выгорания	ψ	$16,7 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$
Удельная изобарная теплоемкость газа	C_p	$0,001068 \text{ МДж} / \text{кг} \cdot \text{K}$
Коэффициент теплопотерь	ϕ	0,6
Коэффициент полноты горения	η	0,95
Свободный объем помещения	V	$521,4 \text{ м}^3$
Коэффициент отражения предметов на путях эвакуации	α	0,3
Начальная освещенность	E	50 лк
Предельная дальность видимости в дыму	I_{np}	20 м
Дымообразующая способность горящего материала	D_m	$49,5 \text{ Нп} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала	L_{CO_2}	$1,478 \text{ кг} / \text{кг}$
Удельный расход углекислого газа	L_{CO}	$0,03 \text{ кг} / \text{кг}$
Удельный расход кислорода	L_{O_2}	$1,154 \text{ кг} / \text{кг}$
Удельный расход соляной кислоты	L_{HCl}	$0,058 \text{ кг} / \text{кг}$
Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении	X_{CO_2}	$0,11 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$
Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении	X_{CO}	$0,00116 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$
Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении	X_{HCl}	$0,00023 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$
Высота рабочей зоны	h	1,7 м
Высота помещения	H	3 м
Удельная массовая скорость выгорания	Ψ	$16,7 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} / \text{с}$
Линейная скорость распространения пламени	v	$0,0103 \text{ м} / \text{с}^{-1}$
Коэффициент, соответствующий способу распространения пожара	n	3

Для кругового распространения пламени по поверхности равномерно распределенного в горизонтальной плоскости горючего материала:

$$A = 1,05 \cdot \psi \cdot v^2 = 1,05 \cdot 16,7 \cdot 0,0103^2 = 18,6 \cdot 10^{-5};$$

Определяем критическую продолжительность пожара для кругового распространения пламени по поверхности равномерно распределенного в горизонтальной плоскости горючего материала. Находим значение комплекса **B**:

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \phi) \cdot \eta \cdot Q} = \frac{353 \cdot 0,001068 \cdot 521,4}{(1 - 0,6) \cdot 0,95 \cdot 13400000} = 3,86;$$

Рассчитываем параметр **Z**:

$$Z = \frac{h \cdot \exp(1,4 \cdot h / H)}{H} = \frac{1,7 \cdot \exp(1,4 \cdot \frac{1,7}{3})}{3} = 0,45;$$

Определяем критическую продолжительность пожара по сценариям развития пожара по каждому из ОФП:

а) по повышенной температуре[21]:

$$t_{kp}^T = \left\{ \frac{B}{A_j} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{3,86}{18,6 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - 25}{(273 + 25) \cdot 0,45} \right] \right\}^{1/3} = 18,176 \text{ с};$$

б) по потере видимости:

$$t_{kpj}^{IB} = \left\{ \frac{B}{A_j} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{20 \cdot B \cdot D \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{3,86}{18,6 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[1 - \frac{521,4 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 3,86 \cdot 49,5 \cdot 0,45} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 76 \text{ с};$$

в) по пониженному содержанию кислорода:

$$t_{kpj}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A_j} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,444}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{3,86}{18,6 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,444}{\left(\frac{3,86 \cdot 1,154}{521,4} \right) \cdot 0,45} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 133 \text{ с};$$

г) допустимое содержание CO_2 :

$$t_{kpj}^{III} = \left\{ \frac{B}{A_j} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot x_{CO_2}}{B \cdot L_{CO_2} \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{3,86}{18,6 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[1 - \frac{521,4 \cdot 0,11}{3,86 \cdot 1,478 \cdot 0,45} \right]^{-1} \right\}^{1/3} > 0,$$

Величина отлична от нуля в положительную сторону, и это значит, что при пожароопасной ситуации при горении выделяется углекислый газ CO_2 . Этот фактор несет высокую опасность при эвакуации для людей.

д) допустимое содержание CO:

$$t_{kpj}^{III} = \left\{ \frac{B}{A_j} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot x_{CO}}{B \cdot L_{CO} \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{3,86}{18,6 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[1 - \frac{521,4 \cdot 0,00116}{3,86 \cdot 0,03 \cdot 0,45} \right]^{-1} \right\}^{1/3} > 0,$$

Полученная величина содержания углекислого газа свидетельствует о присутствии опасных воздействий углекислого газа при эвакуации на людей.

е) допустимое содержание HCl:

$$t_{kpj}^{III} = \left\{ \frac{B}{A_j} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot x_{HCl}}{B \cdot L_{HCl} \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{3,86}{18,6 \cdot 10^{-5}} \cdot \ln \left[1 - \frac{521,4 \cdot 0,0023}{3,86 \cdot 0,0058 \cdot 0,45} \right]^{-1} \right\}^{1/3} < 0,$$

Полученная величина содержания соляной кислоты свидетельствует о том, что этот фактор не представляет угрозу для жизнедеятельности.

Вычисляем критическую продолжительность пожара:

$$t_{kpj} = \min \{ t_{kpj}^T, t_{kpj}^{PB}, t_{kpj}^{O_2}, t_{kpj}^{III} \} = 76 \text{ с};$$

Рассчитываем необходимое время эвакуации:

$$t_{нб} = \kappa_{б} \cdot t_{kp} = 0,8 \cdot 79 = 63,2 \text{ с},$$

где, $\kappa_{б} = 0,8$ – коэффициент безопасности.

Следовательно, полученное время блокирования эвакуационных путей составило **63,2 сек** или **1,05 мин.**

Расчет произвели для всех сценариев пожара, учитывая тот факт, что в расчетах применяется одинаковая пожарная нагрузка и величина ее низшей теплоты сгорания, и все остальные параметры при расчете остаются одинаковыми.

Для наиболее благополучного проведения эвакуации нужно держать пути эвакуации в не загроможденным и в исправном состояниях, в ремонте помещений применять наименее опасные и токсичные вещества, необходимо ужесточение контроля за выполнением требований пожарной безопасности, иметь первичные средства пожаротушения, СИЗ и СИЗОД, внедрять инструктажи по технике безопасности, как с рабочим персоналом корпуса, так и с учащимися.

5.4 Расчет величины индивидуального пожарного риска

В данном разделе выполним расчет величины индивидуального пожарного риска, используя данные расчетов времени блокирования эвакуационных путей и времени эвакуации с использованием специализированных программ и согласно Методике для одного из сценариев развития пожара. Выберем первый сценарий развития пожара, когда пожар произошел в учебной аудитории №127 – компьютерном классе из-за возгорания системного блока компьютера.

Первую величину индивидуального пожарного риска определим для результатов расчета в специализированных программах расчета времени. В ходе расчета в программе «СИТИС:ВИМ» было определено время блокирования ($t_{\text{бл}}$); $t_{\text{бл}} > 600 \text{ с} > 10 \text{ минут}$. В отдельной выбранной расчетной точке время блокирования путей эвакуации составило: $t_{\text{бл}} = 63,2 \text{ сек} = 1,05 \text{ мин}$ (берем полученный результат для сравнения). В ходе расчета в программе «СИТИС: Флоутек» время эвакуации из 8-ого корпуса ТПУ (t_p): $t_p = 0,67 \text{ мин}$; время скопления составило $t_{\text{ск}} = 0, 63 \text{ мин}$.

На основании полученных данных и согласно Методике был выполнен расчет величины пожарного риска в здании 8-ого корпуса ТПУ.

Индивидуальный пожарный риск Q_B в здании 8-ого корпуса ТПУ рассчитывается по формуле (5):

$$Q_{в,i} = Q_{n,i} (1 - K_{an,i}) \times P_{np,i} \times (1 - P_{э,i}) \times (1 - K_{нз,i})$$

где, $Q_{n,i}$ – частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных, приведенных в приложении. Таким образом, частота в здании 8-ого корпуса ТПУ $Q_{n,i} = 1,16 \cdot 10^{-2}$ (для зданий общеобразовательных организаций).

$K_{an,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения (далее – АУПТ) требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. В данном случае $K_{an,i} = 0,9$, т.к. здание 8-ого корпуса ТПУ оборудовано системой АУПТ.

$P_{np,i}$ – вероятность нахождения людей в корпусе, определяемая из соотношения $P_{np,i} = t_{функц,i}/24$, где $t_{функц,i}$ – время нахождения людей в здании в часах.

Люди в здании 8-ого корпуса находятся все 24 часа; имеется 2 смены, каждая из которых работает по 12 часов; $t_{функц,i} = 12$ часов. Следовательно, вероятность присутствия людей в здании 8-ого корпуса ТПУ составит соотношение $P_{np,i} = t_{функц,i}/24 = 12/24 = 0.5$; $P_{np,i} = 0,5$

$P_{э}$ – вероятность эвакуации людей; $P_{П.З}$ – вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Вероятность эвакуации $P_{э}$ рассчитывают по формуле (6):

$$P_{э} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{нэ}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин}; \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин}; \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин}; \end{cases}$$

где, t_p – расчетное время эвакуации людей, мин; $t_p = 0,67$ мин, согласно расчету времени эвакуации в специализированной программе «СИТИС: Флоутек».

$t_{нэ}$ – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин. Оно определяется согласно Методике, исходя из класса функциональной пожарной опасности зданий, степени огнестойкости конструкций и при учете систем оповещения и управления эвакуацией: $t_{нэ} = 0$ мин.

$t_{бл}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин; $t_{бл} = 1,05$ мин, согласно расчету времени блокирования эвакуационных путей в специализированной программе «СИТИС: ВИМ».

$t_{ск}$ – время существования скоплений людей на участках пути; согласно расчету времени эвакуации в специализированной программе «СИТИС: ВИМ» время скопления составило: $t_{ск} = 0,63$ мин.

Следовательно, вероятность эвакуации $P_{э}$ из здания 8-ого корпуса составит: $P_{э} = 0,999$, т.к. $t_p + t_{нэ} \leq 0,8 t_{бл}$ и $t_{ск} \leq 6$ мин; $0,67 + 0 \leq 0,8 \times 8,7$; $0,67 \leq 0,84$

$K_{пз,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. Он определяется по формуле (7):

$$K_{пз,i} = 1 - (1 - K_{обн,i} \times K_{СОУЭ,i}) \times (1 - K_{обн,i} \times K_{ПДЗ,i})$$

где, $K_{обн,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

$K_{обн,i} = 0,8$, т.к. здание 8-ого корпуса ТПУ оборудовано системой пожарной сигнализации.

$K_{СОУЭ,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

$K_{СОУЭ,i} = 0,8$, т.к. здание 8-ого корпуса ТПУ оборудовано системой оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией.

$K_{ПДЗ,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

$K_{ПДЗ,i} = 0$, т.к. здание 8-ого корпуса ТПУ не оборудовано системой противодымной защиты.

Следовательно, коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре требованиям нормативных документов по пожарной безопасности из 8-ого корпуса ТПУ согласно расчету по формуле (7) составит:

$$K_{нз,i} = 1 - (1 - K_{обн,i} \times K_{COBЭ,i}) \times (1 - K_{обн,i} \times K_{ПДЗ,i}) = 1 - (1 - 0,8 \times 0,8) \times (1 - 0,8 \times 0) = 0,64; K_{нз,i} = 0,64$$

Таким образом, расчетная величина индивидуального пожарного риска при эвакуации людей с первого этажа 8-ого корпуса ТПУ для первого сценария развития пожара, согласно данным расчета времени блокирования эвакуационных путей и времени эвакуации в специализированной программе составит:

$$Q_{в,i} = Q_{н,i} \times (1 - K_{ан,i}) \times P_{нр,i} \times (1 - P_{э,i}) \times (1 - K_{нз,i}) = 1,16 \cdot 10^{-2} \times (1 - 0,9) \times 0,5 \times (1 - 0,999) \times (1 - 0,64) = 2,088 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$$

Первая расчетная величина индивидуального пожарного риска, полученная с использованием данных специализированной компьютерной программы, при эвакуации людей с первого этажа 8-ого корпуса ТПУ составила $Q_{в,i} = 2,088 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$. Данное значение превышает нормативную величину, следовательно, пожарный риск при эвакуации людей с первого этажа 8-ого корпуса ТПУ существует.

Вторую величину индивидуального пожарного риска определим для результатов расчета по Методике.

Расчеты времени блокирования эвакуационных путей и времени эвакуации выполнены с использованием нормативного документа ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования». В ходе расчета время блокирования $t_{бл}$ составило **1,05 мин**; время эвакуации из здания 8 корпуса ТПУ (t_p) $t_p = 0,98 \text{ мин}$; время скопления составило $t_{ск} = 0,63 \text{ мин}$.

Используя ранее полученные значения коэффициентов $K_{ан,i} = 0,9$; $P_{нр,i} = 0,5$; $K_{обн,i} = 0,8$; $K_{COBЭ,i} = 0,8$; $K_{ПДЗ,i} = 0$, $K_{нз,i} = 0,64$ и вероятность эвакуации $P_{э}$ из здания 8-ого корпуса $P_{э} = 0$, т.к. $0,98 \geq 0,8 \times 1,05$; $0,98 \geq 0,84$, определим величину индивидуального пожарного риска:

$$Q_{в,i} = Q_{н,i} \times (1 - K_{ан,i}) \times P_{нр,i} \times (1 - P_{э,i}) \times (1 - K_{нз,i}) = 1,16 \cdot 10^{-2} \times (1 - 0,9) \times 0,5 \times (1 - 0) \times (1 - 0,64) = 2,901 \cdot 10^{-6} \text{ год}^{-1}$$

Таким образом, вторая расчетная величина индивидуального пожарного риска, полученная с использованием результатов Методики, при эвакуации

людей с первого этажа 8-ого корпуса ТПУ, составила $Q_{6,i} = 2,901 \cdot 10^6 \text{год}^{-1}$. Данное значение превышает нормативную величину, следовательно, пожарный риск при эвакуации людей с первого этажа 8-ого корпуса ТПУ также существует.

5.5 Сравнительная характеристика результатов расчета

При выполнении расчетов величины индивидуального пожарного риска было определено время блокирования эвакуационных путей и время эвакуации из 8-ого корпуса ТПУ. Расчет производился с использованием специализированных компьютерных программ и по Методике.

Сравнивая полученные величины времен, можно сделать выводы о соответствии результатов расчета с помощью специализированной компьютерной программы с результатами расчета по Методике. Этот факт свидетельствует об эффективности применения обоих вариантов расчета с целью дальнейшего определения величины индивидуального пожарного риска. Полученные результаты сравнительной характеристики времени эвакуации приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Сравнительная характеристика времени эвакуации

ВРЕМЯ ЭВАКУАЦИИ		
Сценарий	Результаты расчета в программе, мин	Результаты расчета по Методике, мин
1	0,67	0,98
2	0,68	0,73
3	1,02	0,95
4	0,67	0,81

В таблице 8 приведена сравнительная характеристика времени блокирования эвакуационных путей по двум вариантам расчета.

Таблица 8 – Сравнительная характеристика времени блокирования эвакуационных путей

ВРЕМЯ БЛОКИРОВАНИЯ ЭВАКУАЦИОННЫХ ПУТЕЙ		
Продолжение таблицы 9		
Сценарий	Результаты расчета в программе, мин	Результаты расчета по Методике, мин
1	1,05	1,05
2	1,3	1,05

3	2,9	1,05
4	2,1	1,05

Выполняя расчеты в специализированной компьютерной программе и по Методике, можно сделать вывод об удобстве применения современной программы расчета при оценке риска. Время, полученное в программе, соответствует времени полученному при расчете по Методике.

На социально-значимых объектах, введенных в эксплуатацию еще в прошлом веке, всегда существует риск возникновения ЧС. Современные разработки в области пожарной безопасности и их применение, позволяют разработать эффективные мероприятия по снижению уровня пожарного риска и обоснованно внедрить их на объект защиты. Проблематикой исследования является необходимость применения таких разработок на объектах защиты и их внедрение в повседневную жизнь. На данном этапе, организации с массовым пребыванием людей не всегда задумываются о возможности существования пожарного риска в эксплуатируемых зданиях и о возможности уменьшения его величины.

Полученные за небольшой период результаты времен в программе, могут стать основой для уменьшения величины пожарного риска и позволят эффективно применить такие расчеты для других социально-значимых объектов, эксплуатируемых с прошлого века. Этот факт позволяет сократить время расчетов величины риска. Погрешность при выполнении расчетов в программе минимальная. При расчетах в специализированной программе учитываются все материалы отделки и пожарной нагрузки, уровни освещенности зданий и сооружений, размеры помещения, состояния проемов (открытые или закрытые). Кроме того, планы эвакуации и чертежные схемы, используемые на объектах защиты, могут стать основой платформы для составления топологии расчета.

Однако, при выполнении расчетов величины пожарного риска по Методике, погрешности в расчете практически не существует. Затраты по времени на расчет пожарного риска больше, чем при использовании данных

программы. При расчетах по Методике не учитываются материалы отделки, пожарной нагрузки, величины освещенности помещений, состояния проемов. Основной упор при расчете риска делается на длину участков эвакуационных путей и кратчайшие расстояния до выходов.

При сравнении величины пожарного риска, рассчитанного с использованием результатов программы и с использованием результатов расчета по Методике, существенных отличий в результатах не выявлено. В таблице 10 приведена сравнительная характеристика полученных результатов расчета значений величин пожарного риска в 8-ом корпусе ТПУ. Этот факт говорит об эффективности применения обоих вариантов расчета в определении пожарного риска на социально-значимых объектах.

Однако, для крупных социально-значимых и промышленных объектов, расчет пожарного риска с применением данных расчетов специализированных программ, выполняется существенно быстрее и качественнее. Следовательно, величину пожарного риска будет определить значительно проще.

Таблица 9 – Сравнительная характеристика расчетных значений величины пожарного риска

Величина пожарного риска по результатам значений программы, год^{-1}	Величина пожарного риска по результатам значений по Методике, год^{-1}
$2,088 \cdot 10^{-6}$	$2,901 \cdot 10^{-6}$

Рассчитанный пожарный риск превышает нормированный. Для уменьшения величины пожарного риска в здании 8-ого корпуса ТПУ необходимо разработать мероприятия по его уменьшению и обеспечению защиты при эвакуации людей при пожарах, повысить уровень подготовки обслуживающего персонала.

6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

6.1 Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Диссертационная работа по теме «Расчет пожарного риска при эвакуации людей с первого этажа 8-ого корпуса ТПУ» выполняется в рамках научно-исследовательской работы.

Суть исследования заключается в проведении расчета пожарного риска при эвакуации людей с первого этажа 8-ого корпуса ТПУ с использованием специализированных программ расчета и вручную, согласно Приказа Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 10 июля 2009 г. № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

Потенциальными потребителями результатов проведенного исследования являются отдел пожарной безопасности ТПУ. Расчет осуществляется на некоммерческой основе.

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

С помощью анализа конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения, возможно провести оценку эффективности научной разработки и определить ее направление для будущего развития. В таблице 10 приведена оценочная карта конкурентных технических решений. Расчет осуществляется с использованием двух методик — методики расчета пожарного риска вручную и методики расчета с использованием специализированного программного продукта.

Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы оценки экономических решений		Конкурентоспособность	
		$B_{руч}$	$B_{пр}$	$K_{руч}$	$K_{пр}$
1	2	3	4	6	7
Критерии оценки эффективности применения методик расчета					
1.Спрос методики расчета	0,1	3	4	0,3	0,4
2.Удобство в эксплуатации методик	0,12	4	5	0,48	0,6
3.Точность в расчетах	0,08	4	5	0,32	0,4
4.Возможности расчета по методике	0,06	5	5	0,3	0,3
5.Универсальность метода расчета	0,08	5	4	0,4	0,32
6.Эффективность расчета	0,1	3	4	0,3	0,4
7. Погрешность в расчетах	0,2	3	3	0,6	0,6
8. Эксплуатация на конкретном предприятии	0,1	2	5	0,2	0,5
9. Эксплуатация в ВУЗ-ах	0,3	5	3	1,5	0,9
Итого	1	34	38	4,4	4,42

где сокращения: $B_{руч}$ – методика расчета пожарного риска на социально-значимом объекте согласно расчету, выполняемому вручную; $B_{пр}$ – методика расчета пожарного риска на социально-значимом объекте согласно расчету, выполняемому с использованием специализированного программного продукта.

Конкурентные технические решения определяются по формуле [26]:

$$K = \sum B_i \times B_i \quad (26)$$

где, K – конкурентоспособность разработки; B_i – вес показателя (выражается в долях единицы); B_i – балл i -го показателя.

Методика расчета пожарных рисков на социально-значимом объекте с использованием специализированного программного продукта является наиболее эффективным методом для расчета пожарного риска при эвакуации людей с первого этажа 8-го корпуса ТПУ.

6.1.3 SWOT-анализ

В таблицах 11 и 12 представлен SWOT-анализ слабых и сильных сторон расчета пожарного риска по двум методикам, выявление возможностей и угроз для реализации расчетов пожарного риска на социально-значимых объектах.

Таблица 11 – SWOT-анализ расчета пожарного риска по методике «вручную»

<p style="text-align: center;">Сильные стороны</p> <p>С1. Простота и доступность в использовании методики.</p> <p>С2. Более низкая стоимость расчетов в сравнении с методикой расчета с использованием специализированного программного продукта.</p> <p>С3. Легко применяемая методика для расчета пожарного риска, времени эвакуации и времени блокирования эвакуационных путей.</p> <p>С4. Методика не имеет затрат на разработку.</p> <p>С5. Является универсальной методикой в определении пожарного риска с использованием имеющихся материалов расчета</p>	<p style="text-align: center;">Слабые стороны</p> <p>Сл1. Присутствие погрешности при расчетах.</p> <p>Сл2. Возможное неверное применение методики при расчетах риска ввиду человеческого фактора.</p> <p>Сл3. Отсутствует возможность учета материалов отделки и учета пожарной нагрузки.</p> <p>Сл4. Большие временные затраты на полноценный расчет и выводы по расчетам.</p> <p>Сл5. Учет только основных рекомендаций по расчетам</p>
<p style="text-align: center;">Возможности:</p> <p>В1. Повышение уровня пожарной безопасности на объекте защиты.</p> <p>В2. Повышение практических навыков в области тактики тушения пожаров.</p> <p>В3. Применение пожаробезопасных материалов отделки ввиду уменьшения величины пожарного риска.</p> <p>В4. Создание планов эвакуации из здания исходя из расчетов и рекомендаций по уменьшению риска.</p> <p>В5. Расчет необходимых сил и средств для привлечения к ликвидации пожара и прочих ЧС.</p>	<p style="text-align: center;">Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на предлагаемые методики в связи с имеющимися программами для расчета пожарного риска и времени эвакуации.</p> <p>У2. Конкуренция со стороны фирм, занимающихся вопросами пожарной безопасности зданий.</p> <p>У3. Отсутствие финансирования разработчика проекта со стороны государства.</p> <p>У4. Введение дополнительных государственных требований в области пожарной безопасности.</p> <p>У5. Дальнейшее развитие информационных технологий в области пожарной безопасности.</p>

Таблица 12 – SWOT-анализ расчета пожарного риска по методике с применением специализированного программного продукта

<p style="text-align: center;">Сильные стороны</p> <p>С1. Простота и доступность в использовании программы.</p> <p>С2. Минимальные погрешности при расчетах.</p> <p>С3. Легко применяемая методика для расчета пожарного риска, времени эвакуации, времени блокирования эвакуационных путей и влияния опасных факторов пожара на эвакуацию из здания.</p> <p>С4. Малые временные затраты на полноценный расчет и выводы по расчетам.</p> <p>С5. Является универсальной методикой в определении пожарного риска с использованием имеющихся материалов расчета (планы эвакуации, расстояния, материалы отделки и учет пожарной нагрузки зданий).</p>	<p style="text-align: center;">Слабые стороны</p> <p>Сл1. Высокая стоимость расчетов в сравнении с методикой расчета «вручную».</p> <p>Сл2. Возможное неверное применение методики при расчетах риска ввиду человеческого фактора.</p> <p>Сл3. Спорные вопросы о положительных и отрицательных сторонах предлагаемой методики расчета.</p> <p>Сл4. Частый выход программы из строя ввиду человеческого фактора.</p>
<p style="text-align: center;">Возможности:</p> <p>В1.Повышение уровня пожарной безопасности на объекте защиты.</p> <p>В2. Повышение практических навыков в области тактики тушения пожаров и расчета пожарного риска.</p> <p>В3. Высокий спрос на предлагаемую методику в связи с минимальной погрешностью расчета.</p> <p>В4. Создание планов эвакуации из здания исходя из расчетов и рекомендаций по уменьшению риска.</p> <p>В5. Расчет необходимых сил и средств.</p>	<p style="text-align: center;">Угрозы:</p> <p>У1. Конкуренция со стороны фирм, занимающихся вопросами пожарной безопасности зданий и расчетов в других специализированных программах.</p> <p>У2. Отсутствие финансирования разработчика проекта со стороны государства.</p> <p>У3. Введение дополнительных государственных требований в области пожарной безопасности.</p> <p>У4. Дальнейшее развитие информационных технологий.</p>

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон расчета пожарного риска по двум методикам, внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие помогают выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблицах ниже.

Таблица 13 – Интерактивная матрица расчета соотношения сильных сторон к возможностям расчета по методике «вручную»

Сильные стороны расчета по методике «вручную»						
Во		C1	C2	C3	C4	C5
зм	B1	+	+	+	0	+
ож	B2	0	+	+	+	+
но	B3	-	+	0	0	+
сти	B4	+	+	0	-	0
рас	B5	+	0	+	+	0
чет						
а						

Таблица 14 – Интерактивная матрица расчета соотношения слабых сторон к возможностям расчета по методике «вручную»

Слабые стороны расчета по методике «вручную»						
Во		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
зм	B1	-	-	0	-	-
ож	B2	0	0	-	0	+
но	B3	0	-	0	-	-
сти	B4	0	0	0	-	+
рас	B5	-	0	-	+	+
чет						
а						

Таблица 15 – Интерактивная матрица расчета соотношения сильных сторон к угрозам расчета по методике «вручную»

Сильные стороны расчета по методике «вручную»						
Уг		C1	C2	C3	C4	C5
роз	У1	0	+	+	0	0
ы	У2	+	+	+	+	+
рас	У3	0	0	+	+	-
чет	У4	+	+	0	+	+
а	У5	0	+	0	0	+

Таблица 16 – Интерактивная матрица расчета соотношения слабых сторон к угрозам расчета по методике «вручную»

Слабые стороны расчета по методике «вручную»						
Уг		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
роз	У1	-	-	-	0	0
ы	У2	-	-	0	-	0
рас	У3	-	-	-	0	0
чет	У4	+	+	+	-	-

Таблица 17 – Интерактивная матрица проекта соотношения сильных сторон к возможностям проекта для методики расчета с использованием специализированного программного продукта

		Сильные стороны расчета по методике с использованием специализированного программного продукта				
Во зм ож но сти рас чет а		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	0	+
	B2	0	+	+	+	+
	B3	-	+	0	0	+
	B4	+	+	0	-	0
	B5	+	0	+	+	0

Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта соотношения слабых сторон к возможностям проекта для методики расчета с использованием специализированного программного продукта

		Слабые стороны расчета по методике с использованием специализированного программного продукта			
Во зм ож но сти рас чет а		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	0	-
	B2	0	0	-	0
	B3	0	-	0	-
	B4	0	0	0	-
	B5	-	0	-	+

Таблица 19 – Интерактивная матрица проекта соотношения сильных сторон к угрозам проекта для методики расчета с использованием специализированного программного продукта

		Сильные стороны расчета по методике с использованием специализированного программного продукта				
Уг роз ы рас чет а		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	0	+	+	0	0
	У2	+	+	+	+	+
	У3	0	0	+	+	-
	У4	+	+	0	+	+
	У5	0	+	0	0	+

Таблица 20 – Интерактивная матрица проекта соотношения слабых сторон к угрозам проекта для методики расчета с использованием специализированного программного продукта

		Слабые стороны расчета по методике с использованием специализированного программного продукта			
Уг роз ы рас чет а		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	-	-	-	0
	У2	-	-	0	-
	У3	-	-	-	0
	У4	+	+	+	-
	У5	0	0	0	0

6.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего.[22,24]

6.2.1 Цели и результаты расчетов пожарного риска по методикам

В таблице 21 представлены заинтересованные стороны расчета пожарного риска по двум методикам и ожидания заинтересованных сторон.

Таблица 21 – Заинтересованные стороны расчета пожарного риска

Заинтересованные стороны расчета пожарного риска	Ожидания заинтересованных сторон
Романцов И.И. (научный руководитель, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры ЭБЖ)	Выполнение работы в соответствии с планом и применением теоретических знаний по теории риска и изученных методик для расчетов. Получение результатов расчетов пожарного риска; качественная оценка применения специализированных программ расчета для определения величины пожарного риска на социально-значимом объекте
Чалдаева Е.И. (разработчик, студент кафедры ЭБЖ)	Получение навыков в области разработки, применение полученных знаний на практике, достижение высоких результатов, составление рекомендаций
Яруллин К.А. (начальник ОПБ ТПУ)	Анализ результатов расчетов, составленных планов. Применение рекомендаций в дальнейшей работе на рассматриваемом объекте.

Таблица 22 – Цели и результаты расчета пожарного риска

Цели расчета:	Проверка на соответствие здания корпуса нормам по пожарному риску, а также рассмотрение влияния опасных факторов пожара на время эвакуации.
Ожидаемые результаты расчета:	<ul style="list-style-type: none"> – Расчет времени эвакуации и времени блокирования эвакуационных путей с 1-ого этажа 8-ого корпуса ТПУ для четырех сценариев развития пожара с использованием специализированных программ расчета и с использованием Методики по определению расчетных величин пожарного риска. – Расчет пожарного риска согласно полученным данным. – Составление рекомендаций по дальнейшему соблюдению правил противопожарного режима в 8-ом корпусе ТПУ.
Требования к результату расчета:	Методики расчета времени эвакуации должны полностью соответствовать требованиям, прописанным в нормативной документации по пожарной безопасности.
	Необходимо учесть влияние опасных факторов пожара на эвакуацию людей, сопоставить собственные расчеты с расчетами в компьютерной программе.

6.2.2 Организационная структура проекта

Организационная структура рабочей группы при выполнении расчета пожарного риска представлена в таблице 23.

Таблица 23 – Рабочая группа расчета пожарного риска

№	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Чалдаева Екатерина Игоревна	Исполнитель проекта	Работа над реализацией проекта	200
2	Романцов Игорь Иванович	Руководитель проекта	Координация деятельности работы и оказание помощи в реализации проекта	50

В ходе реализации расчета пожарного риска при эвакуации людей с первого этажа 8-ого корпуса ТПУ по двум методикам, помимо магистранта задействован руководитель магистерской диссертации.

6.2.3 Ограничения в выполнении расчета пожарного риска

Факторы, ограничения и допущения представлены в таблице 24.

Таблица 24– Ограничения в расчете пожарного риска

Фактор	Ограничения/допущения
Источник финансирования	Финансирование не осуществляется
Сроки выполнения	1.02.17–1.06.17 г.
Дата утверждения плана управления проектом	25.01.2017 г.
Дата завершения проекта	15.05.2017 г.
Прочие ограничения и допущения	Ограничение по времени работы участниками проекта

6.3. Планирование управления научно-исследовательских работ

6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

В таблице 25 приведен перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Таблица 25 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ Работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение темы проекта	Научный руководитель
	2	Выдача задания для работы над проектом	Научный руководитель
Выбор направления исследований	3	Постановка цели и задач	Научный руководитель

	4	Календарное планирование работ	Научный руководитель, студент
	5	Поиск и изучение материала по теме	Студент
Теоретические исследования и практические расчеты	6	Подбор необходимого материала и анализ существующих разработок	Студент
	7	Проведение теоретических обоснований	Студент
	8	Анализ конкурентных методик	Студент
	9	Расчет пожарного риска при эвакуации с первого этажа в 8-ого корпуса ТПУ	Студент
	10	Согласование данных с руководителем	Студент, научный руководитель
Обобщение и оценка полученных результатов	11	Оценка и анализ полученных результатов	Студент
	12	Заключение по работе	Студент
Оформление отчета по диссертации	13	Составление пояснительной записки к работе	Студент

6.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Для определения ожидаемого значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [27,28]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (27)$$

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_{pi} , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление, необходимо, для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %[23].

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (28)$$

где, T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;
 $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;
 $Ч_i$ – численность исполнителей, которые выполняют, одновременно, одну и ту же работу на данном этапе, чел.

6.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

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

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}}, \quad (29)$$

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

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (30)$$

где, $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году; $T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году; $T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2017 год: количество календарных дней составляет 365; количество рабочих дней – 247; количество выходных дней – 118.

Рассчитываем коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,47,$$

$$k_{\text{кал}} = 1,47.$$

Полученные значения представлены в таблице 27.

После заполнения таблицы 26, составляем и строим календарный план-график проведения исследования (табл. 27). График строится для максимального по длительности исполнения работ, в рамках научно-исследовательского проекта с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени исследования и расчетов. Работы на графике выделяем

различной штриховкой в зависимости от исполнителей (студент или научный руководитель).

Таблица 26 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожі}$, чел-дни							
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2		
Составление и утверждение темы проекта	2	2	5	5	3,2	3,2	Руководитель		3	3	5	5
Выдача задания для работы над проектом	1	1	2	2	1,8	1,8	Руководитель		2	2	3	3
Постановка цели и задачи	1	1	2	2	1,8	1,8	Руководитель		2	2	3	3
Календарное планирование работ	3	1	5	2	3,8	1,8	Руководитель, студент		2	1	3	1
Поиск и изучение материала по теме	7	6	10	8	8,2	6,8	Студент		8	7	12	10
Подбор необходимого материала и анализ существующих разработок	14	14	17	17	15,2	15,2	Студент		15	15	23	23
Проведение теоретических обоснований	7	7	9	9	7,8	7,8	Студент		8	8	12	12
Анализ конкурентных методик	5	5	7	7	5,8	5,8	Студент		6	6	9	9
Расчет пожарного риска в 8-ом корпусе ТПУ	3	2	5	4	3,4	2,4	Студент		3	1	4	2
Согласование полученных данных с научным руководителем	2	1	5	3	3,2	1,8	Руководитель, студент		1,5	1	2	1
Оценка и анализ полученных результатов	2	2	3	3	2,4	2,4	Студент		2,5	2,5	4	4
Заключение по исследованию	1	1	2	2	1,4	1,4	Студент		2	2	3	3
Составление пояснительной записки к работе	4	4	6	6	4,8	4,8	Студент		5	5	7	7

Таблица 27 – Календарный план-график проведения научного исследования по диссертации

№ Работ	Вид работ	Исполнители	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ						
				март		апрель		май		
				1	2	1	2	1	2	
1	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	5							
2	Выдача задания для работы над проектом	Руководитель	3							
3	Постановка цели и задачи	Руководитель	3							
4	Календарное планирование работ	Руководитель, Студент	3		 					
5	Поиск и изучение материала по теме	Студент	12							
6	Подбор необходимого материала и анализ существующих методик	Студент	23							
7	Проведение теоретических обоснований	Студент	12							
8	Анализ конкурентных методик	Студент	9							
9	Расчет пожарного риска в 8-ом корпусе ТПУ	Студент	4							
10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Руководитель, Студент	2							 
11	Оценка полученных результатов	Студент	4							
12	Заключение по исследованию	Студент	3							
13	Составление пояснительной записки к работе	Студент	7							

Штриховка:  – студент;  – руководитель

6.3.4 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования при выполнении диссертации, необходимо обеспечить полное и верное отражение различных видов расходов, связанных с его выполнением.

6.3.4.1 Расчет материальных затрат научного исследования

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расxi}, \quad (31)$$

где, m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{расxi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м); C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м); k_T – коэффициент, учитывающий расходы (транспортно-заготовительные) [1,3].

Транспортные расходы принимаются в пределах 15–25% от стоимости материалов. В таблице 28 подсчитаны материальные затраты.

Таблица 28 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед., руб.		Затраты на материалы, (З _м), руб.	
		Испол.1	Испол.2	Испол.1	Испол.2	Испол.1	Испол.2
Бумага	лист	150	50	2	2	300	100
Интернет	Г/бит	1	1	250	250	250	250
Итого:						550	350

6.3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данный раздел включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборы, контрольно-измерительная аппаратура, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме.

Компьютер со специализированной программой расчета времени блокирования эвакуационных путей и времени эвакуации и времени эвакуации брался у предприятия на некоммерческой основе. В связи с этим, не производим расчет спецоборудования для научных работ.

6.3.4.3. Основная и дополнительная заработная плата исполнителей темы

В таблице 29 приведен расчет основной заработной платы.

Таблица 29 – Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.		Заработная плата, приходящаяся на одного чел.-дн., тыс. руб.		Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.	
			Испол.1	Испол.2	Испол.1	Испол.2	Испол.1	Испол.2
1.	Составление и утверждение темы проекта	Руководитель	2	2	3,6	3,6	7,2	7,2
2.	Выдача задания для работы над проектом	Руководитель	1	1	4,4	4,4	4,4	4,4
3.	Постановка цели и задачи	Руководитель	1	2	0,8	0,8	0,8	1,6
4.	Календарное планирование работ	Руководитель, студент	2	1	4,4	4,4	8,8	4,4
5.	Поиск и изучение материала по теме	Студент	7	9	0,8	0,8	5,6	7,2
6.	Подбор материала и анализ существующих методик	Студент	14	15	0,8	0,8	11,2	12
7.	Проведение теоретических обоснований	Студент	8	8	0,8	0,8	6,4	6,4
8.	Анализ конкурентных методик	Студент	5	6	0,8	0,8	4	4,8

9.	Расчет рисков и определения зон поражений при авариях и взрывах на объекте исследования	Студент	3	1,5	4,4	4,4	13,2	5,9
10.	Согласование полученных данных с научным руководителем	Руководитель, Студент	2	1	4,4	4,4	8,4	2,4
11.	Оценка полученных результатов	Студент	2	2,5	0,8	0,8	1,6	2
12.	Заключение по исследованию	Студент	2	2	0,8	0,8	1,6	1,6
13.	Составление пояснительной записки к работе	Студент	6	5	0,8	0,8	4,8	4
Итого:							65,6	63,9

Необходимо, провести расчет заработной платы относительно времени, в течение которого работал руководитель и студент [25]. За 1 час работы руководитель получает сумму в размере – 300 руб., а студент – 100 руб. Продолжительность рабочего дня составляет 8 часов. Определяем основную заработную плату:

$$Z_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (32)$$

где, $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – заработная плата (дополнительная, 12-20 % от $Z_{осн}$).

Расчет дополнительной заработной платы определяем по формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (33)$$

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

Таким образом, заработная плата руководителя составляет – 36000 руб.; у студента – 16450 руб.

6.3.4.4 Отчисления на социальные нужды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется по одной из следующих формул:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} \cdot (Z_{осн} + Z_{доп}), \quad (34)$$

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

Итоговое отчисление во внебюджетные фонды равняется 30,2 %.

Таблица 30 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.		Дополнительная заработная плата, руб.	
	Испол.1	Испол.2	Испол.1	Испол.2
Руководитель проекта	30000	22700	6000	3405
Студент-дипломник	23000	14200	3450	2130
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,302			
Итого:				
Испол. 1	21879.9 руб.			
Испол. 2	12815.4 руб.			

6.3.4.5. Накладные расходы

Величина накладных расходов рассчитывается по формуле:

$$Z_{накл} = (\sum \text{статей}) \cdot k_{нр}, \quad (35)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов, принимаем в размере 16%.

Подсчитываем наибольшие накладные расходы:

$$1) Z_{накл} = 94329.9 \times 0.16 = 15092.8 \text{ руб.}$$

$$2) Z_{накл} = 55250,4 \times 0.16 = 8840.1 \text{ руб.}$$

6.3.4.6. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

В таблице 31 приведен итоговый бюджет затрат на исследовательский проект.

Таблица 31 – Расчет бюджета затрат на научно-исследовательский проект

Наименование статьи	Сумма, руб.		Примечание
	Исполнитель 1	Исполнитель 2	

Материальные затраты НТИ	550	350	Пункт 3.4.1
Затраты на специальное оборудование для научных работ	0	0	Пункт 3.4.2
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	65600	63900	Пункт 3.4.3
Затраты по дополнительной заработной плате	9840	9585	Пункт 3.4.3
Отчисления во внебюджетные фонды	21879.9	12815.4	Пункт 3.4.4
Накладные расходы	15659,18	13864,064	16 % от суммы ст.1-5
Бюджет затрат научно-технического исследования	113529,08	100514,464	Сумма ст.1-6

В ходе выполнения работы проведен краткий анализ конкурентных технических решений и комплексный анализ проекта, в котором представлены критерии оценки эффективности расчета пожарного риска по двум методикам. Построена интерактивная матрица проекта, в которой выявлены слабые и сильные стороны расчетов по методикам относительно возможностей и угроз со стороны внешнего воздействия.

Разработка в диссертации считается перспективной, уровень разработчика выше среднего и в команду проекта, возможно, привлечь в эксперта в области расчета пожарных рисков на социально-значимых объектах. Определено планирование научно-исследовательских работ. Построен временной показатель проведения работ и календарный график проведения исследования.

7. Социальная ответственность

В данном разделе научно-исследовательской работы будут рассмотрены вредные и опасные производственные факторы, возникающие на рабочем месте при выполнении расчета пожарного риска в здании 8-го корпуса ТПУ с использованием специального программного обеспечения.

Представленная работа является исследовательской, поэтому в разделе производственная и экологическая безопасность может быть описано рабочее место оператора персонального компьютера (ПК) с установленным на нем специализированным программным обеспечением, непосредственно за которым велся расчет пожарного риска в 8-ом учебном корпусе ТПУ.

В работе рассматривается работа отдела промышленной и экологической безопасности проектно-изыскательной компании ООО «Томскнефтепроект», работы в котором выполняются с использованием ПК. В отделе расположено 5 персональных компьютеров, которые имеют ЖК мониторы. Габариты помещения следующие: 12х6,5х4м. Стены окрашены матовой краской светло-бежевых тонов, потолки светлые. В рабочем кабинете 2 оконных проема размером 1,6х2,2 м; общая площадь оконных проемов равна 14,08 м².

Выполняя работу по расчету пожарных рисков, возникающих при эвакуации с 8-го корпуса ТПУ, в отделе промышленной и экологической безопасности ООО «Томскнефтепроект», на студента воздействуют следующие опасные факторы: повышенный уровень статического электричества, повышенный уровень шума на рабочем месте, воздействие электромагнитных полей и излучений, также влияние оказывают условия окружающей среды.

7.1. Профессиональная социальная безопасность

7.1.1. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в проектно-изыскательной организации ООО «Томскнефтепроект»

Работа с персональным компьютером – это воспроизведение наглядной информации на дисплее, для быстрого и точного восприятия пользователем.

Основными факторами, влияющими на трудоспособность оператора ЭВМ, являются комфортные и безопасные условия труда[28].

При проведении работ на персональном компьютере в соответствии с требованиями ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»[29], имеют место существовать следующие критерии: высокая или низкая подвижность воздуха; высокая или низкая влажность воздуха; несоответствующий уровень отрицательных и положительных аэроионов; повышенное значение напряжения в цепи электрического тока, замыкание; высокий уровень статического электричества; повышенный уровень электромагнитного излучения; повышенная напряженность электростатического поля; недостаточность или полное отсутствие естественного освещения; недостаточное искусственное освещение рабочей зоны; высокая яркость света; повышенная контрастность; отраженная и прямая блесккость; зрительная напряженность труда; монотонность процесса; перегрузки нервного и эмоционального плана.

Условия труда, связанные с работой на персональном компьютере, можно охарактеризовать:

- особенностью главных элементов рабочего пространства (территориальное размещение рабочего места, а также его составных элементов, соответствующих анатомическим и физиологическим параметрам работающих; расположение элементов рабочего места по отношению к пользователю с учетом вида его деятельности);

- условиями окружающей рабочей среды (освещение на рабочем месте и в помещении дисплейного зала, микроклимат в помещении, шумы, другие специфические факторы, которые обусловлены особенностями средств доведения информации до пользователя и т.д.);

- параметрами информационного взаимодействия человека и ЭВМ.

Главной особенностью работы на персональном компьютере является длительное и значительное напряжение зрительных функций оператора, обусловленное необходимостью различать объекты (символы, знаки и др.) при

различных условиях (строчная структура экрана, мелькание изображений, недостаточная освещенность поля экрана, недостаточная контрастность объектов различения и необходимость постоянно переадаптировать зрительный аппарат к различным уровням освещенности экрана, клавиатуры).

Нервное и эмоциональное напряжение при работе за персональным компьютером возникает из-за дефицита времени, высокой плотности и большого объема информации, особенности диалогового режима при обращении человека с ЭВМ, ответственности за безошибочность информации.

Ритм работы на персональном компьютере при вводе информации обуславливается объемом и характеристиками производственного задания и временем его выполнения.

К числу критериев, негативно влияющих на состояние здоровья пользователя, также необходимо отнести акустические шумы, электромагнитные и электростатические поля, изменение ионного состава воздуха и параметров микроклимата.

На состояние пользователя оказывают влияние и эргономические параметры расположения дисплея монитора, ведущие к изменению контрастности изображений в условиях интенсивной засветки, появлению зеркальных бликов от фронтальной поверхности дисплея монитора и т.п. Большую роль оказывают и параметры освещенности на рабочем пространстве, габариты мебели и параметры помещения, где располагается компьютерная техника.

7.1.1.1 Требования, предъявляемые к помещениям для работы с ЭВМ

Помещения, предназначенные для эксплуатации персональных компьютеров, должны иметь как естественное, так и искусственное освещение. Эксплуатирование ЭВМ в помещениях, где нет естественного освещения, возможно только при определенном обосновании и наличии предоставленного в установленном порядке положительного санитарно-эпидемиологического заключения.

Использование искусственного освещения в помещениях, где предполагается эксплуатация персонального компьютера, надлежит осуществлять по системе равномерного освещения всей площади помещения. Следует в качестве источника света при искусственном освещении помещения применять в большей степени люминесцентные лампы с рассеивателями и экранирующими решетками. Не разрешается применять светильники, в которых отсутствуют рассеиватели и экранирующие решетки. В светильниках направленного освещения разрешается применение ламп накаливания, включая галогенные. Для достижения нормируемых значений освещенности помещения, где используются персональные компьютеры необходимо производить очистку стекол оконных рам и плафонов светильников не реже чем два раза в год и своевременно заменять перегоревшие лампы.

Оконные проемы следует оборудовать регулируемыми устройствами, такими как жалюзи, занавеси, внешние козырьки и т.д.

Площадь, предназначенная для одного рабочего места пользователя ЭВМ основанного на электронно-лучевой трубке должна быть более 6 м^2 , а объем производственного помещения для одного работающего более 20 м^3 . При эксплуатации персональных компьютеров на основе ЭЛТ (без каких-либо вспомогательных устройств, таких как принтер, сканер и др.), которые отвечают всем предписаниям международных стандартов по безопасности компьютеров, продолжительностью работы не более 4 часов в день разрешено допускать минимальную площадь в $4,5\text{ м}^2$ на одно рабочее место.

В помещениях, где располагаются персональные компьютеры на базе жидкокристаллических или плазменных экранов, пространство, предназначенное для одного рабочего места, составляет не менее $4,5\text{ м}^2$.

Обязательным требованием к помещениям, где размещены рабочие места с персональными компьютерами, является оборудование помещений защитным заземлением. В этих помещениях следует проводить ежедневную влажную уборку и после каждого часа работы на ЭВМ необходимо проводить систематическое проветривание помещения.

Для внутренней отделки интерьера помещений следует использовать материалы с матовой фактурой и светлых, пастельных тонов. Для отделки пола используются гладкие, нескользящие материалы, обладающие антистатическими свойствами.

Все указанные требования в данном отделе промышленной и экологической безопасности выполняются.

7.1.1.2 Оценка параметров тяжести и напряженности, возникающих в процессе работы с персональным компьютером

Организация работы с ЭВМ ведется исходя из вида и категории трудовой деятельности.

Типы трудовой деятельности можно разделить на три группы:

- группа А – работа, связанная с считыванием информации с экрана с предшествующим запросом;
- группа Б – работа, связанная с вводом данных;
- группа В – творческая работа, осуществляемая в режиме диалога с ПК.

Таблица 32 – Типы трудовой деятельности

Категория работы с ПК	Уровень нагрузки на рабочую смену при видах работы с ПК			Суммарное время регламентированных перерывов, мин.	
	Группа А, кол-во знаков	Группа Б, кол-во знаков	Группа В, час.	При 8-часовой смене	При 12-часовой смене
I	До 20000	До 15000	До 2	50	80
II	До 40000	До 30000	До 4	70	110
III	До 60000	До 40000	До 6	90	140

Написание научно-исследовательской работы по расчету пожарного риска при эвакуации из 8-ого корпуса, относится к категории работ Ia, категории работ по уровню энергозатрат, т.к. работа производится в сидячем положении и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением.

7.1.1.3 Организация режимов труда и отдыха при работе с ЭВМ

Для обеспечения наиболее оптимальной работоспособности, а также сохранения здоровья пользователя, в течение рабочей смены должны быть установлены регламентированные перерывы.

Общее время, затрачиваемое на регламентированные перерывы, устанавливается исходя из зависимости категории трудовой деятельности и уровня нагрузки, возлагаемой на сотрудника за полную рабочую смену при работе с персональным компьютером.

Продолжительность перерыва на обед устанавливается в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка проектно-изыскательной организации ООО «Томскнефтепроект» и трудовым законодательством. В соответствии с правилами внутреннего распорядка рассматриваемой организации перерыв на обед установлен в период с 12:30 до 13:30.

Длительность непрерывной работы на ЭВМ без регламентированного перерыва не может превышать 1 час. При выходе на работу в ночную смену (с 22 до 6 часов), в зависимости от категории или вида трудовой деятельности, продолжительность установленных перерывов необходимо увеличивать на 30%.

При ситуациях, когда характер труда требует постоянного взаимодействия с персональным компьютером (ввод данных или набор текстов) с повышенной сосредоточенностью и напряжением внимания при невозможности временного переключения на другие виды деятельности, где не задействовано использование ПК, работодателю рекомендуется организовать трудящимся перерывы на 10–15 минут после каждых 45–60 минут работы с ЭВМ.

Регламентированные перерывы рекомендуется использовать с целью выполнения комплексов упражнений, направленных на снижение напряжения нервного и эмоционального плана, снятие утомления с органов зрения, предотвращение позотонического утомления.

17.1.1.4 Электромагнитные поля

Основными источниками высоко и низкочастотных электромагнитных полей при выполнении научно-исследовательской работы являются компьютеры.

При работе с компьютером допустимые уровни электромагнитных полей (ЭМП) указаны в таблице 2. Они нормируются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03.

Таблица 33 – Временные допустимые уровни электромагнитных полей, создаваемых ПК

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	В диапазоне частот 5 Гц-2кГц	25 В/м
	В диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	В диапазоне частот 5 Гц-2кГц	250 нТл
	В диапазоне частот 2 кГц-400 кГц	25 нТл
Напряженность электростатического поля		15 кВ/м
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

На рабочем месте в отделе промышленной и экологической безопасности, несоответствий условиям труда, указанным в требованиях, выявлено не было.

7.1.1.5 Микроклимат помещения

Параметры микроклимата являются оптимальными, если они при систематическом и длительном воздействии на человека гарантируют сохранение адекватного функционирования и теплового состояния организма, создают условия теплового оптимума и являются основой для высокого уровня работоспособности. Допустимые и оптимальные значения параметров микроклимата устанавливаются в соответствии с ГОСТ 12.1.005-88 «Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», исходя из категории тяжести выполняемой работы, величины избытков явного тепла и периода года[26]. На условия работы в помещении влияют такие параметры, как температура, относительная влажность, скорость движения воздуха. Нормы параметров микроклимата для помещения приведены в таблице 35.

Таблица 34 – Характеристика помещения

Наименование параметров и единицы измерения	В холодное время	В теплое время
Температура	20-22	22-25
Относительная влажность, %	30-60	30-60

Скорость движения воздуха, м/с	Не более 0,2	Не более 0,5
--------------------------------	--------------	--------------

В отделе промышленной и экологической безопасности температура составляет: зимой $t=20-24^{\circ}\text{C}$; летом $t=22-25^{\circ}\text{C}$. Влажность 55%. Эти данные микроклимата соответствуют нормам.

7.1.6 Производственный шум

Шум является одним из наиболее распространенных на производстве факторов. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. Шум является одним из часто встречающихся факторов внешней среды, которые пагубно воздействуют на организм человека. Действие шума разнообразно: от затруднения разборчивости речи, провоцирования снижения работоспособности, повышения утомляемости, до вызова необратимых изменений в органах слуха человека. Кроме органов слуха, шум оказывает свое воздействие на весь организм человека. Люди, работающие при постоянных шумовых эффектах, жалуются на головную боль, быструю утомляемость, бессонницу и сонливость, ослабляется внимание, ухудшается память.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных рабочих мест, является ГОСТ 12.1.003-80 «Система стандартов безопасности труда. Шум. Общие требования безопасности».

Шум на рабочих местах создается внутренними источниками – вентиляторы в ЭВМ, и внешними источниками – шум с улицы.

Согласно паспорта ЭВМ, уровень ее шумов не превышает 42 дБ, а нормы для творческой работы с использованием ЭВМ – 50 дБ. Поэтому никаких мер защиты от шума в рассматриваемом помещении не требуется и не предусмотрено. Уровни шума, создаваемого на рабочем месте не превышают допустимого.

7.1.7 Электробезопасность

В процессе использования электроприборов и электрооборудования может возникнуть опасность поражения электрическим током. По опасности

поражения током рабочий кабинет отдела промышленной и экологической безопасности относится к помещениям без повышенной опасности. Чтобы исключить опасность поражения необходимо соблюдать следующие правила электробезопасности:

- перед включением прибора в сеть должна быть визуально проверена его электропроводка на отсутствие возможных видимых нарушений изоляции, а также на отсутствие замыкания токопроводящих частей на корпус;

- при появлении признаков замыкания необходимо немедленно отключить от электрической сети устройство и устранить неисправность;

- запрещается при включенном устройстве одновременно прикасаться к приборам, имеющим естественное заземление (например, радиаторы отопления, водопроводные краны и др.)

- запрещается эксплуатация оборудования в помещениях с повышенной опасностью;

- запрещается включать и выключать устройство при помощи штепсельной вилки. Штепсельную вилку включать и выключать из розетки можно только при выключенном устройстве.

Существуют следующие способы защиты от поражения током в электроустановках: предохранительные устройства; защитное заземление; применение устройств защитного отключения (УЗО); зануление.

Самый распространенный способ защиты от поражения током при эксплуатации измерительных приборов и устройств – защитное заземление, которое предназначено для превращения «замыкания электричества на корпус» в «замыкание тока на землю» для уменьшения напряжения прикосновения и напряжения шага до безопасных величин (выравнивание потенциала).

В рабочем кабинете в отделе промышленной и экологической безопасности при написании научно-исследовательской работы, выполняются все требования и предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов, и соответствуют ГОСТ 12.1.038-82.

Процент влажности в отделе промышленной и экологической безопасности находится в пределах нормы. Содержание химически-опасных веществ и реагентов, разрушающих изоляцию и токоведущие части электрооборудования, в данном помещении не наблюдается.

В помещении бетонные полы, покрытые линолеумом, что не является проводником электрического тока.

Персональный компьютер имеет надежную изоляцию токоведущих частей оборудования, отсутствуют соединения, которые могут вызвать искры.

При работе в отделе промышленной и экологической безопасности прикосновение с металлическими конструкциями, с приборами, не имеющего заземления при поврежденной изоляции токоведущих частей, отсутствует, что подтверждает соблюдение и выполнение всех требований ГОСТ 12.1.019-2009 (с изм. №1) «ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. Государственный стандарт от 10.12.2009».

Отдел промышленной и экологической безопасности является помещением без повышенной опасности поражения людей электрическим током.

7.1.8 Пожарная безопасность

Пожар – это неконтролируемое горение вне специально отведенного очага, приносящее материальный ущерб. В соответствии с положениями ГОСТ 12.1.033-81, термин пожарная безопасность обозначает такое состояние объекта, при котором с определенной вероятностью исключается вероятность возникновения и развития неконтролируемого пламени и воздействия на людей опасных критериев пожара, и обеспечение сохранности материальных ценностей.

Пожарная безопасность объектов народного хозяйства, в том числе электрических установок, регламентируется ГОСТ 12.1.004-91 «Общие требования», а также строительными нормами и правилами, межотраслевыми Типовыми правилами пожарной безопасности на отдельных объектах.

Здание, в котором находится отдел промышленной и экологической безопасности, воздвигнуто из устойчивого к воздействию пожара материала, а именно кирпича, и относится к зданиям второй степени огнестойкости.

В соответствии с ФЗ РФ № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г. по оценке пожарной опасности производства, отдел промышленной и экологической безопасности относится к категории Ф 4.2 (здания проектных организаций).

В качестве возможных причин пожаров в исследуемом помещении можно указать следующие: различные короткие замыкания; опасна перегрузка сетей, влекущая за собой сильный нагрев токоведущих частей и загорание изоляции; нередко пожары происходят при пуске оборудования после ремонта.

Для предупреждения пожаров от короткого замыкания, перегрузок, необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение требуемого режима эксплуатации электросетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации.

Мероприятия, необходимые для предупреждения пожаров: проведение противопожарного инструктажа; соблюдение норм, правил при установке оборудования, освещения, направленных на предупреждение возникновения пожара; эксплуатация оборудования в соответствии с техническим паспортом; рациональное размещение оборудования; своевременный профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования;

Для тушения пожаров используются воздушно-механическая пена, углекислый газ, а также галогидрированные углеводороды.

В отделе промышленной и экологической безопасности имеются порошковые огнетушители ОП-4 и углекислотные огнетушители ОУ-5.

На случай возникновения пожара в рабочем кабинете должны быть в наличии первичные средства тушения пожара. Так как основная опасность – неисправность электропроводки, то при пожаре необходимо немедленно обесточить электросеть в помещении. Главный рубильник должен находиться в легкодоступном месте. До момента выключения рубильника, очаг пожара

можно тушить сухим песком или углекислотными огнетушителями. Одновременно с этим необходимо сбить пламя, охватившее горючие предметы, расположенные вблизи проводников.

Водой и химическими пенными огнетушителями горящую электропроводку следует тушить только тогда, когда она будет обесточена.

При возникновении пожара обязанности по его устранению должны быть четко распределены между работниками лаборатории (ГОСТ 12.004-91.ССБТ. «Пожарная безопасность. Общие требования»).

7.2 Экологическая безопасность

При использовании персональных компьютеров, требуют решения такие важные вопросы, как переработка отходов (платы, микросхемы с содержанием цветных металлов).

При переработке устаревших компьютеров происходит их разборка на шесть составляющих компонентов: металлы, пластмассы, штекеры, провода, батареи, стекло. Для повторной эксплуатации нельзя использовать ни одну из отработанных деталей, так как нет гарантии ее надежности, но в форме вторичного сырья они используются при изготовлении новых компьютеров или каких-либо других устройств. Так же компоненты компьютеров содержат драгоценные металлы, которые извлекаются при вторичной переработке. Переработку компонентов с целью утилизации драг металлов регламентирует «Методика проведения работ по комплексной утилизации вторичных драгоценных металлов из отработанных средств вычислительной техники».

Люминесцентные лампы содержат ртуть и поэтому должны утилизироваться на специальных полигонах токсичных отходов.

При эксплуатации ЭВМ расходуются такие ресурсы, как электроэнергия (обеспечение питания компьютера), бумага, используемая для принтера при выводе информации, картриджи. Для того, чтобы добиться наиболее рациональных затрат электроэнергии не следует оставлять включенным персональный компьютер и оргтехнику, когда они не эксплуатируются в настоящее время, печать осуществлять с двух сторон, при этом затраты на

бумагу вряд ли удастся сократить хотя бы вдвое, но экономия будет ощутимой. Проблему с утилизацией бумаги может решить вторичная переработка отходов.

Проведя анализ вредных и опасных производственных факторов на рабочем месте в отделе промышленной и экологической безопасности проектно-изыскательной компании ООО «Томскнефтепроект», можно сделать вывод о том, что в данном помещении соблюдаются все требования нормативно-правовых документов, что является подтверждением безопасности данного места работы. Явных нарушений производственной и экологической безопасности при рассмотрении вредных и опасных факторов производства на рабочем месте не выявлено, угрозы для жизни и здоровья людей не наблюдается.

7.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС): Обстановка на определенной территории или акватории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей[27].

7.3.1 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть в отделе промышленной и экологической безопасности проектно-изыскательной организации ООО «Томскнефтепроект»

Выделяют следующие возможные чрезвычайные ситуации[27]:

- внезапное обрушение здания – чрезвычайная ситуация, возникающая по причине ошибок, допущенных при проектировании здания, при нарушении правил эксплуатации здания, нарушений правил монтажа зданий, а также вследствие техногенной или природной чрезвычайной ситуации;
- аварии на коммунальных системах жизнеобеспечения населения – водопроводных, канализационных, электроэнергетических и тепловых сетях;
- пожар – вышедший из-под контроля процесс горения, создающий угрозу жизни и здоровью людей и уничтожающий материальные ценности;

- взрыв – горение, сопровождающееся освобождением большого количества энергии в ограниченном объеме за короткий промежуток времени.

7.3.2 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией для данного помещения является пожар.

Требования взрывопожаробезопасности оборудования устанавливаются с учетом значений пожаро – и взрывобезопасности материалов и веществ, применяемых в конструкциях и при проведении технологических процессов[27]. Взрывопожаробезопасность должна обеспечиваться:

- системой предотвращения пожара;
- системой противопожарной защиты;
- организационно-техническими мероприятиями.

Предотвращение инициации пожара должно достигаться:

- предотвращением образования горючей среды;
- предотвращением образования в горючей среде (или внесения в неё)

источников зажигания.

В случае возникновения пожара в помещении рабочего кабинета необходимо:

- сообщить о возгорании пожарной охране;
- доложить ответственному за пожарную безопасность отдела и администрации проектно-изыскательной компании;
- обесточить действующие в отделе приборы и персональные компьютеры;
- до прибытия пожарной команды приступить к тушению пожара имеющимися в отделе подручными средствами (огнетушители углекислотные);
- для встречи пожарной команды выделяется сотрудник отдела, способный правильно доложить об обстановке, указать пожарной команде направление движения, указать место нахождения наиболее опасных участков помещений.

Для обеспечения пожарной безопасности необходимо поддерживать порядок в помещении, не допускать нагромождения пожароопасных веществ. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системой предотвращения пожара ГОСТ 12.1.044–89 «Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов», системой пожарной защиты ГОСТ 12.1.044–89.

Пожарная безопасность помещения обеспечивается следующими мерами:

- регулярное проведение инструктажа сотрудников по технике безопасности;
- наличие плана эвакуации людей при возникновении пожара;
- автоматическая пожарная сигнализация (совокупность технических средств, предназначенных для обнаружения пожара, обработки, передачи в заданном виде извещения о пожаре, специальной информации и (или) выдачи команд на включение автоматических установок пожаротушения и включение исполнительных установок систем противодымной защиты, технологического и инженерного оборудования, а также других устройств противопожарной защиты) и телефонная связь с пожарной охраной;
- наличие средств пожаротушения (огнетушители), пожарный инструмент, песок.

7.4 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

7.4.1 Организационные мероприятия

Весь персонал обязан знать и строго соблюдать правила техники безопасности. Обучение персонала технике безопасности и производственной санитарии состоит из вводного инструктажа и инструктажа на рабочем месте ответственным лицом. Проверка знаний правил техники безопасности проводится начальником отдела охраны труда проектно-изыскательной компании после обучения на рабочем месте. Проверяемый заносится в специальный журнал и отмечается после проверки знаний техники безопасности. Лица, обслуживающие электроустановки не должны иметь

увечий и болезней, мешающих производственной работе. Состояние здоровья устанавливается медицинским освидетельствованием.

7.4.2 Технические мероприятия

Рациональная планировка рабочего места предусматривает четкий порядок и постоянство размещения предметов, средств труда и документации. То, что требуется для выполнения работ чаще должно располагаться в зоне легкой досягаемости рабочего пространства.

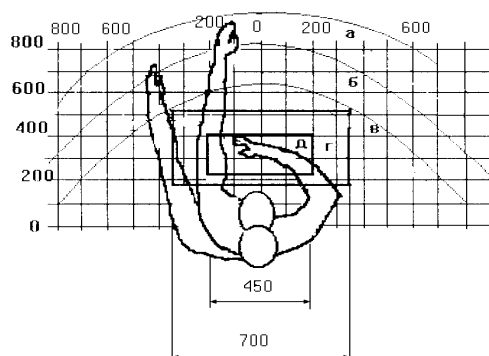


Рисунок 6 – Зоны досягаемости рук в горизонтальной плоскости

а – зона максимальной досягаемости рук;

б – зона досягаемости пальцев при вытянутой руке;

в – зона легкой досягаемости ладони;

г – оптимальное пространство для грубой ручной работы;

д – оптимальное пространство для тонкой ручной работы.

Оптимальное размещение предметов труда и документации в зонах досягаемости рук: дисплей персонального компьютера размещается в зоне а (в центре); клавиатура – в зоне г/д; системный блок размещается в зоне б (справа); документация: в зоне легкой досягаемости ладони – в (слева) – литература и документация, необходимая при работе; в шкафу для хранения – литература, которая не используется постоянно, но нужна при возникновении внештатных ситуаций.

Заключение

В процессе написания магистерской диссертации на примере пожара на первом этаже здания 8-ого корпуса ТПУ были реализованы теоретические аспекты теории риска. Рассчитанная величина пожарного риска превышает установленную 10^{-6} год⁻¹, что говорит о необходимости ужесточения требований к нормам пожарной безопасности в здании.

Таким образом, выполненные расчеты пожарного риска показали, что:

– полученные за небольшой период результаты времени блокирования эвакуационных путей и времени эвакуации в специализированных программах расчета «СИТИС», могут быть основой для уменьшения величины пожарного риска и позволят эффективно применить такие расчеты для других социально-значимых и промышленных объектов, эксплуатируемых с прошлого века;

– с целью снижения причин возрастания величины пожарного риска, необходима реализация и совершенствование технических систем с применением современного программного обеспечения на подобных объектах. Таким совершенствованием может являться применение современной специализированных программ расчета «СИТИС» на объектах защиты.

– рассчитанная величина пожарного риска в 8-ом корпусе превышает нормативную, что говорит о необходимости ужесточения требований и разработку мероприятий по его уменьшению.

В качестве дополнительных рекомендаций, в момент проведения ремонта, для отделки необходимо использовать только разрешенные нормативными документами материалы. За соблюдением всех требований необходим постоянный контроль со стороны Отдела Пожарной Безопасности ТПУ, пожарной инспекции и сотрудниками ГУ МЧС по Томской области.

В качестве практических рекомендаций по снижению времени эвакуации людей из 8-ого корпуса ТПУ в случае возникновения чрезвычайной ситуации можно предложить:

– повышение уровня готовности персонала корпуса к действиям в сложившейся ЧС;

- содержание путей эвакуации в исправном и в не загроможденном состоянии;
- регулярное проведение учений по эвакуации;
- рекомендовать бюро расписаний не планировать 100%-ное заполнение аудиторий 1-ого этажа 8-ого корпуса (рекомендованный уровень заполнения –70-80 %);
- администрации университета провести оптимизацию учебного процесса на данной площади исходя из установленной численности (процент должен быть установлен исходя из возможной величины потери при сложившейся ЧС).

Результаты расчетов и рекомендации переданы в отдел пожарной безопасности ТПУ для разработки планов эвакуации, проведения учений и привлечения аварийно-спасательных средств и техники.

Цели и задачи магистерской диссертации выполнены. Результаты исследования можно применить в строительстве новых зданий различного функционального назначения, в качестве рекомендаций и корректировки дальнейшей работы сотрудников отдела пожарной безопасности Томского политехнического университета, для составления рекомендаций по ужесточению противопожарного режима на социально-значимых объектах защиты.

Список публикаций студента

1. Чалдаева, Е. И. Анализ эффективности жидкофазных огнетушащих составов на примере состава на основе жидкого стекла [Электронный ресурс] / Е. И. Чалдаева, И. И. Романцов; науч. рук. И. И. Романцов // Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность : сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Томск, 25-29 мая 2015 г. в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). – Т. 2. – [С. 365-369].

2. Чалдаева, Е. И. Эффективность применения инновационной разработки «BONTEL» как жидкофазного огнетушащего состава [Электронный ресурс] / Е. И. Чалдаева, И. И. Романцов; науч. рук. И. И. Романцов // Неразрушающий контроль : сборник трудов VI Всероссийской научно-практической конференции «Неразрушающий контроль: электронное приборостроение, технологии, безопасность», Томск, 23-27 мая 2016 г. в 3 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ).

3. Романцов, Игорь Иванович. Оповещение об угрозе возникновения чрезвычайной ситуации в образовательных учреждениях [Электронный ресурс] / И. И. Романцов, Е. И. Чалдаева // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Юрга, 27-28 ноября 2014 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Юргинский технологический институт (ЮТИ) ; под ред. В. М. Гришагин [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – [С. 382-385].

4. Романцов, Игорь Иванович. Актуальность SMS – оповещения в повышении безопасности населения при угрозе возникновения чрезвычайной ситуации [Электронный ресурс] / И. И. Романцов, Е. И. Чалдаева // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения : сборник

трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Юрга, 27-28 ноября 2014 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Юргинский технологический институт (ЮТИ) ; под ред. В. М. Гришагин [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – [С. 380-382].

5. Романцов, Игорь Иванович. Анализ эффективности жидкофазных огнетушащих составов. [Электронный ресурс] / И. И. Романцов, Е. И. Чалдаева // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Юрга, 5-6 ноября 2015 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Юргинский технологический институт (ЮТИ); под ред. В. М. Гришагин [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2015. – [С. 380-382].

6. Романцов, Игорь Иванович. Эффективность применения жидкофазных огнетушащих составов для тушения пожаров [Электронный ресурс] / И. И. Романцов, Е. И. Чалдаева // Экология и безопасность в техносфере: современные проблемы и пути решения : сборник трудов Всероссийской научно-практической конференции, г. Юрга, 17-19 ноября 2016 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Юргинский технологический институт (ЮТИ) ; под ред. Д. А. Чинахова [и др.]. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – [С. 356-360]

7. Романцов И.И. Эффективность использования жидкофазных огнетушащих составов на объектах энергетики [Электронный ресурс] / Е. И. Чалдаева, И. И. Романцов // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции, 2-4 декабря 2015 г., Томск в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) [и др.] ; ред. кол. В. В. Литвак [и др.]. –2015. –Т. 2. – [С. 250-254].

Список используемых источников

1. Эффективность использования жидкофазных огнетушащих составов на объектах энергетики [Электронный ресурс] / И. И. Романцов, Е. И. Чалдаева // Энергетика: эффективность, надежность, безопасность: материалы XXI Всероссийской научно-технической конференции, 2-4 декабря 2015 г., Томск в 2 т. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) [и др.] ; ред. кол. В. В. Литвак [и др.]. – 2015. – Т. 2. – [С. 250-254].
2. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справ. изд.: в 2-х кн. / А.Н. Баратов [и др.]. М.: Химия, 1990. 145 с.
3. Пожаровзрывобезопасность. Журнал №9 от 2010, стр. 6-8.
4. Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ Технический регламент о требованиях пожарной безопасности в редакции Федерального закона от 10.07.2012 г. № 117-ФЗ.
5. ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования».
6. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 10 июля 2009 г. № 404 об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах.
7. Приказ Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий от 30 июня 2009 г. № 382 об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности.
8. Своды правил СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы», СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования».
9. Пособие программы «СИТИС: ВИМ 1.90.16231»

10. Пособие программы «СИТИС: Флоутек 3.11.16231»
11. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
12. СП 12.13130.2009 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
13. Кукин П.П., Лапин В.Л. – Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Высшая школа, 2002. 212 с.
14. Исаева Л.К. Пожары и окружающая среда. Справочник – 1-е изд., доп. (с изм.). 2006 г. 92 с.
15. В. В. Терещнев, Н. С. Артемьев, Д.Н. Корольченко и др. Промышленные здания и сооружения. Противопожарная защита. М.: «Пожнаука», 2006. – 410 с.
16. В. В. Терещнев. Справочник руководителя тушения пожара. МЧС РФ, АГПС. М. 2004. – 248 с.
17. Департамент надзорной деятельности. Анализ обстановки с пожарами и последствий от них на территории Российской Федерации за 11 месяцев 2010 года: Москва 2010.
18. Баранин В.Н. – Учебное пособие. Экономика чрезвычайных ситуаций и управление рисками. – Пожнаука, 2004. 145 с.
19. Н.Н. Брушлинский, Ю.М. Глуховенко, В.Б. Коробко, С.В. Соколов, П. Вагнер, С.А. Лупанов, Е.А. Клепко. Пожарные риски. Выпуск 1. Основные понятия (под ред. Н.Н. Брушлинского). Москва, 2004.
20. Пожарные риски. Вып.2. Динамика пожарных рисков / под ред. Н.Н.Брушлинского. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004.
21. Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» в редакции Федерального закона от 10.07.2012 г. № 117-ФЗ. Приложение Б

22. Гаврикова А.В. Финансовый менеджмент, ресурсосбережение и ресурсоэффективность / А.В. Гаврикова [и др.]. – Томск, Изд-во: Томский политехнический университет, 2014. – 73 с.

23. Кузьмин А.М. Методы поиска новых решений и идей. Методы менеджмента качества. А.М. Кузьмин. – 2003. – №1. – С 22-27.

24. Карпунина М.Г. Основы функционально-стоимостного анализа: Учебное пособие. Под ред. М.Г. Карпунина. – М.: Энергия, 1980. – 175 с.

25. Мазур И.И. Управление проектами. И.И. Мазур [и др.]. – Учебное пособие – Москва: Омега-Л, 2004. – 664 с.

26. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

27. ГОСТ Р 22.0.01–94. Безопасность в ЧС. Основные положения.

28. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда : учебное пособие для вузов / П. П. Кукин [и др.]. – 5-е изд., стер. – Москва: Высшая школа, 2009. – 335 с.: ил. – Для высших учебных заведений. – Безопасность жизнедеятельности. – Библиогр.: с. 333.

29. ГОСТ 12.0.003-74 «ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация»

Приложение А

Раздел магистерской диссертации, выполненный на иностранном языке

Студенту:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1EM51	Чалдаева Екатерина Игоревна		

Консультант кафедры иностранных языков физико-технического института:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ИЯФТ	Данейкина Наталья Викторовна	Кандидат филологических наук		

Консультант кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель кафедры ЭБЖ	Романцов Игорь Иванович	Кандидат технических наук		

Literature review

Introduction

One of the most urgent problems of our time is the development and identification of quality methods of fighting fires. In the modern world, the problem of their frequent occurrence requires the tightening of previously adopted rules and the introduction of new ones, which ensure the greatest safety of finding people at security facilities.

If there are fires on socially important objects, there is a risk of injury or death. As a rule, the risk of deaths of people in fires is associated with dangerous fire factors, 71.2% of which is smoke.

In the process of designing buildings for various purposes, special attention is paid to construction and finishing materials in order to reduce the risk of fire. When the objects of protection are put into operation, a thorough check of compliance with the requirements of regulatory documentation is carried out, in addition to all the materials that are required to be used in buildings and premises of a certain functional purpose. The fire inspection during operation in accordance with the schedule checks for compliance with fire regulations.

Relevance of the work is due to the losses incurred during the fires in public buildings of mankind, and which often unjustifiably high in view of the increased value of the fire risk. At socially important facilities, commissioned in the last century, there is always a risk of an emergency (ES). Modern developments in the field of fire safety and their application, will allow to develop effective measures to reduce the level of fire risk and justifiably introduce them to the protection object. At this stage, organizations with a massive stay of people do not always think about the possible existence of fire risk in the operated buildings and the possibility of reducing its magnitude.

In order to reduce the magnitude of fire risk, the necessary condition is to eliminate the causes of its increase, increase the professionalism of workers and employees and improve technical systems.

Thus, *the purpose of the master's thesis is* to check the compliance of 8th TPU building to the standards for fire risk as well as consider the impact of hazardous factors of fire at the time of evacuation, and evacuation routes at the time of locking.

In order to achieve this goal *the following tasks* should be solved:

1. Substantiation of theoretical positions of risk in fire safety;
2. Analysis of static fire data in Russia for 2015-2016;
3. Analysis of fire danger of the 8th TPU building;
4. Analysis of data on the frequency of implementation of a fire hazard situation in the 8-th TPU building;
5. Study of the Calculation Methodology (Order of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters of 10 July 2009 No. 404 «On Approving the Methodology for Calculating Fire Risk Values at Production Facilities»);
6. Study of specialized computer programs for calculating the time of blocking evacuation paths «SITIS: VIM 1.90.16231» and calculating the evacuation time «CITIS: Flowtek 3.11.16231».
6. Calculation of the time of blocking evacuation routes and the time of evacuation;
7. Calculation of fire risk during the evacuation of people from the first floor of the 8-th TPU building.

The object of the study is the 1-st floor of 8-th TPU building, possible fire hazard and fire risk arising during the evacuation of people from the 1-st floor.

Subject of investigation – the risk of fire in the event of emergencies in the eighth TPU case.

Practical novelty of this work lies in the analysis of escape routes from the 1st floor 8-th TPU educational building in the existing conditions of production layout and numerical fill visitors.

Scientific novelty consists in comparing the results obtained from manual calculations of fire risk quantities with calculations made by specialized computer programs.

1. The concept of «fire»

Fire is a complex physicochemical process of heat and mass transfer, including its development in space and time. Phenomena of heat and mass transfer are common phenomena characteristic of fires. Such phenomena are interrelated, and are characterized by fire parameters: burning rate, temperature, etc., and are determined by a number of conditions, many of which are random. The fire is considered as an open thermodynamic system, which exchanges energy and substances with the environment.

Only the elimination of burning by various existing methods can lead to the cessation of the fire. For a sufficiently long period of time, the combustion processes are not controlled by man. Large material losses and social phenomena are the main consequences of this process.

Combustion in a fire of substances and materials is a rapid chemical reaction of oxidation and physical phenomena, which are accompanied by the release of heat and glow of burning products of combustion with the formation of laminar or turbulent diffusion flame.

1.1 Classification of fires

All fires in terms of heat and mass transfer with the environment are divided into two groups - in the open space and fires in the fences.

By the type of burning substances and materials, fires are divided into classes: A, B, C, D and subclasses: A1, A2, B1, B2, D1, D2 and D3.

Table 1 – Fire classes and their characteristics

Designation of fire class	Characteristic of the class	Designation of a subclass	Subclass Characteristics
A	Combustion of solids	A1	Combustion of solids accompanied by decay (Wood, paper, straw, coal, textiles)
		A2	Combustion of solids, not accompanied by decay (plastics)

B	Combustion of liquid substances	B1	Combustion of liquid substances that are insoluble in water (Gasoline, ether, petroleum fuel), as well as liquefiable solids (for example, paraffin)
		B2	Combustion of liquid substances soluble in water (alcohols, methanol, glycerol)
C	Burning gaseous substances (household gas, water, propane)		
D	Combustion of metals	D1	Combustion of light metals, with the exception of alkali metals (Aluminum, magnesium and their alloys)
		D2	Combustion of alkali and other similar metals (sodium, potassium)
		D3	Combustion of metal-containing compounds (organometallic compounds, metal hydrides)

On the basis of the change in the area of burning, fires are divided into: propagating and non-propagating.

Fires are classified by the amount of material damage, by duration and other characteristics. A separate group of fires in open spaces is highlighted.

A separate fire is a fire that develops in a separate building or building. Simultaneous burning of a number of buildings and structures in one building site is called a continuous fire. As a result of the action of a weak wind or in its absence, the fire often turns into a fire storm. Firing storm – fire special form described form uniform turbulent flame plume column with a strong convective upward flow of combustion products and the heated air inflow of fresh air to the boundaries of fire storms with at least 14–15 m⁸.

Fires occurring in the fences are divided into two main types: fires, regulated by air exchange, and fires, regulated by fire load.

By the nature of the impact on fences, fires are divided into local and volumetric.

The above classification is conditional, however, to eliminate the focus of combustion it is necessary, because Allows to determine the ways to stop burning, types of fire-extinguishing substances, organization of combat operations.

1.2 Basic fire parameters

The main parameters that determine the possible development of combustion processes in a fire include: fire load, mass burnup rate, linear velocity of flame propagation along the surface of burning materials, intensity of heat generation, flame temperature, etc.

Fire load – the amount of heat attributed to a unit of the floor surface, which can stand out in a room or building during a fire. This is the sum of constant and temporary fire loads. Constant loading includes substances and materials in building structures. Temporary fire load – substances and materials that are traded on the production, capable of burning.

Burnout rate is the loss of mass of a material or substance per unit time during combustion.

The linear velocity of propagation of combustion is a physical quantity characterized by the forward movement of the flame front in a given direction per unit time.

The temperature of the fire in the fences is the average volume of the gas atmosphere in the room.

The intensity of heat generation in a fire is a quantity that is equal in value to the heat released per fire per unit time. By gas exchange in a fire is understood the movement of gaseous masses, caused by the release of heat during combustion.

1.3 Fire statistics

For the elimination of fires and the possibility of predicting them, it is necessary to constantly collect certain statistical data. The statistical accounting of fires, conducted on the territory of the Russian Federation, makes it possible to determine an approximate distribution of damage and loss of life in buildings of different socially significant use from the PFD.

Fire statistics – collection, processing and in aggregate analysis of statistical data on fires, their economic, social and environmental consequences, the activities of fire fighting services and the entire world community for the prevention and suppression of fires.

For this, it is necessary to take into account the main sections of fire safety statistics:

- fire statistics, taking into account the types, causes, frequency, place and time of the occurrence of a fire, their economic, social and environmental consequences: direct damage, indirect damage, the number of injured and dead people;

- statistics of fire fighting services, reviewing statistical data on the organization of fire protection, the number of firefighters, fire depots and fire fighting equipment of various types, the features of its use and frequency of use;

- indicators on the total volume of fire prevention services, efficiency of fire services, the structure and dynamics of actions, the time characteristics of this activity;

- taking into account the working conditions of firefighters, possible injuries, occupational diseases, mortality;

- aspects of fire hazard statistics of materials and substances;

- aspects of the effectiveness statistics of methods, methods and means of combating fires of different classes and different types;

- economic and statistical aspects of ensuring fire safety.

The list of the considered sections of statistics on fire safety is not limited on this and indicates a great influence and the need to compile and apply an information base for effective fire fighting.

1.3.1 Analysis of statistical data on fires in Russia in 2015 - 2016

Annually, summing up the results on the statistical data on fires in the country. Then this statistic is reduced to the world statistics.

To track changes in fire statistics, you need to consider the data for the past few years. In Russia, the annual fire statistics for the country is handled by the EMERCOM of Russia, namely the Office of Supervisory Activities of the Regional Centers of the Ministry of Emergencies of Russia.

Table 2 – Statistical data on fires in Russia for 2015–2016

The name of indicators		Absolute data for 12 months		+ Or - in% to pr.	Percentage of general data for Russia
		2015	2016		
TOTAL	Number of fires, units	145942	139083	-4,7	100
	People died in fires, people.	9405	8711	-7.38	100
	In t.ch.Children, people	462	420	-9.09	100
	Injuries.People in fires, people.	10962	9845	-10,19	100
	Direct damage, thousand r.	22461847	12218781	-45.6	100
	Destroyed buildings, units.	41336	34403	-16.77	100
	Destroyed equipment, units.	7674	6815	-11.19	100
	Rescued people, people.	53172	47138	-11.35	100
	Saved mat.Values, thousand r.	46577580	55097054	18.29	100
	Number of tans, units.	386738	301287	-22.1	100
In towns and urban settlements	Number of fires, units	86560	82385	-4,82	59.23
	People died in fires, people.	4542	4300	-5,33	49,36
	In t.ch.Children, people	192	193	0.52	45.95
	Injury.People in fires, people.	7098	6686	-5.8	67.91
	direct damage thousand. p.	14081007	6236343	-55,71	51.04

	Number of tans, units.	227235	192202	-15.42	63.79
In the countryside	Number of fires, units	59382	56697	-4.52	40.76
	People died in fires, people.	4863	4411	-9.29	50.64
	In t.ch.Children, people	270	227	-15.93	54.05
	Injuries.People in fires, people.	3864	3159	-18.25	32.09
	Direct damage, thousand r.	8380840	5982438	-28.62	48.96
	Number of tans, units.	152620	109082	-28.53	36.21
At enterprises protected by the FPS units	Number of fires, units	1827	2033	11.28	1.46
	People died in fires, people.	169	162	-4,14	1.86
	In t.ch.Children, people	5	16	220	3.81
	Injuries.People in fires, people.	150	150	0	1.52
	Direct damage, thousand r.	1887215	329884	-82.52	2.7
	Number of tans, units.	4847	3781	-21.99	1.2

1.4 Dangerous Fire Factors

Dangerous Fire Factors – are factors that, in case of fire, can lead to injuries, poisoning and even death of people, as well as damage to property and property damage.

Primary Dangerous Fire Factors are flames and sparks, elevated temperature, smoke, reduced oxygen concentration, concentration of toxic substances. Secondary manifestations are parts of the destroyed apparatuses, aggregates, buildings as a

whole, fragments, radioactive and toxic substances emitted from the destroyed apparatuses and technological installations, electric current.

The Dangerous Fire Factors is assessed according to a certain criterion. Such a criterion is the maximum permissible value of a dangerous factor. This is its value, in which the impact on a person during the critical duration of the fire (the time for blocking the pathways for evacuation of the Dangerous Fire Factors multiplied by 0.8) does not result in injury, illness or a deviation in the state of health during the normatively fixed time.

1.4.1 Sparks and flames as fire dangerous

One of the frequent causes of ignition is a spark that grows at a high speed into an open flame and carries significant material losses.

Combustion of all liquid, gaseous and most solid combustible substances, which decompose and evaporate, while releasing gaseous products, is accompanied by the formation of a flame. A flame is a gas volume in which a process of burning of vapors and gases occurs. Without flame, solid substances burn: graphite, anthracite, coke, soot, charcoal.

1.4.2 Elevated temperature as a dangerous fire factor

Elevated temperature is one of the attendant Dangerous Fire Factors. It acts as aggravating, intensifying the action of the flame. It can also be a separate Dangerous Fire Factors an independent source of destruction. The danger of high temperatures is that when inhaled by a person heated vapor burns the upper respiratory tract. This factor leads to suffocation and death. The most «simple» negative effects are skin burns of various degrees.

1.4.3 Smoke as a dangerous fire factor

Smoke is a disperse system of combustion and air products, consisting of gases, vapors and incandescent particles.

Smoke complicates the evacuation processes of people – visibility is lost, signs of photoluminescent evacuation systems are difficult to notice, people's movements become chaotic and uncontrollable, as a result of which people begin to panic. Smoke is one of the most dangerous factors.

1.4.4. Reduced oxygen concentration as a dangerous fire factor

Reduced oxygen concentration is one of the most harmful Dangerous Fire Factors. The lowered oxygen content disrupts brain activity and has an adverse effect on the motor functions of the working organism.

In the process of developing a fire, oxygen is consumed for the combustion of substances and materials included in the fire load. Gaseous and solid particles containing combustion products are released into the environment and mixed with fresh air. In connection with this, in case of fire, the concentration of oxygen decreases. In Russia as the maximum permissible value reduced oxygen content is set to $0.226 \text{ kg} / \text{m}^3$.

1.4.5 Concentration of toxic substances as a dangerous fire factor

Carbon monoxide is the most dangerous of the toxic combustion products. It reacts with the hemoglobin of the blood, leading to intoxication and death.

In accordance with Article 6 of the Federal Law 123 «Technical Regulations on Fire Safety Requirements», the calculation of the value of individual fire risk in buildings is necessary and performed when deviating from the mandatory fire safety requirements established by federal laws. Calculation of the Dangerous Fire Factors establishes the dynamics of the development of a fire, to the stage at which its the maximum permissible value will be reached.

Table 3 – Inadmissible values of hazardous fire factors

Dangerous Fire Factor	Critical values
Intensity of thermal radiation	more than $7.0 \text{ kW} / \text{m}^2$
Temperature	70°C .
Minimal visibility	Less than 20 m
The concentration of CO_2	more than $0.11 \text{ kg} / \text{m}^3$
The concentration of CO	more than $1.16 \times 10^{-3} \text{ kg} / \text{m}^3$
HCl concentration	more than $2.3 \times 10^{-7} \text{ kg} / \text{m}^3$
The concentration of O_2	Less than 15%

The calculation is required for calculating the time of evacuation of the building and the subsequent calculation of the value of the fire risk. Fire Risk Excess of normative values lead to negative consequences.

2. The concept of «risk». Types of risk

Every year the fire safety requirements. Currently, in the preparation of fire safety declarations on the object of protection is required to make a complete calculation of fire risks.

Risk – a description of the situation, having outcome uncertainty, with the mandatory presence of adverse effects.

There are allowable risk values that exceed prohibited. In case of exceeding the value of severity level 1: 1,000,000 per year, room or building is considered dangerous, due to the mismatch of the rules of fire regulations.

The following types of risks:

1) *Individual risk* – a risk characterized by danger to an individual is determined by the formula:

$$r_i = \frac{n_i}{N_i + \Delta\tau} \text{ год}, \quad (1)$$

where, n_i – the number of victims of the i -th type of danger, people;

N_i – the number of exposed to i -th kind of danger, people;

$\Delta\tau$ – the time in which the events occurred, a year.

It is believed that the action of man-made hazards individual risk is considered acceptable if its value does not exceed $10^{-6} \text{ year}^{-1}$.

2) *Collective risk (group, social)* – the risk of danger to the existence of the group, group of people, for particular social or professional group of people, which is calculated according to the formula:

$$r_{n.i} = \sum_{i=1}^n r_i, \quad (2)$$

where, n – the number of people in the group.

3) *Acceptable (permissible) risk* – the minimum amount of risk, which is achieved on economic, technical, technological capabilities. Acceptable risk - a compromise between the level of security and capacity to achieve it. The magnitude of risk depends on the type of occupation, industry production, kind of negative factor. It can be critical, contractual and institutionalized.

4) *Professional risk* – risk associated with the person's professional activity. From the concrete risk value can be obtained from the statistics of accidents for different times.

According to an international agreement it is considered at the present time, that the impact of man-made hazards should be determined within the range of 10 to 100 deaths per year, and the value of 10 – the maximum acceptable level of individual risk.

Table 4 – Classification and characterization of risk types

Type of risk	The object of risk	Source of risk	Effects of exposure
Individual	Human	Conditions of life	Diseases, trauma, disability, death
Technical	Technical systems And objects	Technical imperfection, violation of operating rules for technical systems	Accident, explosion, catastrophe, fire, destruction
Ecological	Ecological systems	Anthropogenic interference in the natural system, technogenic emergency situations	Anthropogenic environmental disasters, natural disasters
Social	Social Groups	ES, decrease in quality of life	Group injuries, diseases, deaths, increased mortality
Economic	Material resources	Increased danger of production or natural environment	Increased costs for security, damage from inadequate security

2.1 Fire risk

In Federal Law № 123 «Technical Regulations on fire safety requirements», in Article 6, «conditions for the compliance of the protection object with fire safety requirements» are prescribed. Fire safety at the facility is considered to be provided in case the fire risk does not exceed the permissible indicators established by this Federal Law.

Fire risk is a measure of the possibility of realizing the fire hazard of a protection object, and its consequences for people and property, and permissible fire

risk is a level of risk that is acceptable and justified based on the socio-economic conditions of the protection object in question.

Currently, international agreement is accepted that the action of man-made hazards should be in the range of 10^{-7} to 10^{-6} year⁻¹, and the value of 10^{-6} – maximum acceptable level of fire risk.

To reduce fire risk, three conditions are met:

- 1) a detailed analysis of the dangers formed in the work being developed;
- 2) effective measures to protect human and habitat from identified hazards are developed;
- 3) effective measures have been developed to protect against the residual risk of the activity being developed.

The level of fire risk is affected by: the likelihood of a fire in the building, the likelihood of people in the building, the likelihood of people surviving in a fire, the likelihood of evacuation of people in a fire, the likelihood of an automatic fire extinguishing system in case of fire.

This group of requirements is relevant for the period of normal operation of the object. In case of violation of such requirements, responsibility is assigned to the fire fighting service. The risk for people in the event of a fire is the manifestation of its the Dangerous Fire Factors.

2.2. Individual fire risk

Individual fire risk is a fire risk, which can lead to death of a person as a result of the influence of the Dangerous Fire Factors .

Individual fire risk meets the required if:

$$Q_e \leq Q_e^H \quad (3)$$

where, Q_e^H – the normative value of individual fire risk, $Q_e^H = 10^{-6}$ год⁻¹; Q_e – the estimated value of individual fire risk. The estimated value of individual fire risk in the building, structure and fire compartment is defined as the maximum value of fire risk from the considered fire scenarios:

$$Q_B = \max\{G_{B,1}, \dots, Q_{B,i}, \dots, Q_{B,N}\}, \quad (4)$$

where, $Q_{B,i}$ – calculated value fire risk for i -th fire scenarios; N – number of fire scenarios considered.

When calculating individual fire risk, fire scenarios are considered, in which the worst conditions for ensuring human security are realized. As scenarios with the worst conditions of a fire, scenarios characterized by the most difficult conditions for human evacuation and (or) the highest dynamics of growth of the Dangerous Fire Factors should be considered. In cases where the listed types of scenarios do not reflect all the features of the object, it is possible to consider other fire scenarios.

In a room with two or more evacuation exits, the fire should be located near the outlet with the highest throughput. This output is considered to be blocked from the first seconds of the fire, and when calculating the estimated time of evacuation is not taken into account. In a room with one evacuation output, the time for blocking the output is determined by calculation.

Приложение Б (справочное)

Таблица Б.1 – Класс функциональной пожарной опасности зданий

Ф1 – здания, предназначенные для постоянного проживания и временного пребывания людей					
Ф1.1			Ф1.2	Ф1.3	Ф1.4
здания детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домов престарелых и инвалидов (не квартирные), больницы, спальные корпуса образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений			гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов	многоквартирные жилые дома	одноквартирные жилые дома, в том числе блокированные
Ф2 – здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений					
Ф 2.1			Ф 2.2	Ф 2.3	Ф 2.4
театры, кинотеатры, концертные залы, клубы, цирки, спортивные сооружения с трибунами, библиотеки и другие учреждения с расчетным числом посадочных мест для посетителей в закрытых помещениях			музеи, выставки, танцевальные залы и другие подобные учреждения в закрытых помещениях	театры, кинотеатры, концертные залы, клубы, цирки, спортивные сооружения с трибунами, библиотеки и другие учреждения с расчетным числом посадочных мест для посетителей в закрытых помещениях, на открытом воздухе	музеи, выставки, танцевальные залы и другие подобные учреждения в закрытых помещениях, на открытом воздухе
Ф3 – здания организаций по обслуживанию населения					
Ф 3.1	Ф 3.2	Ф 3.3	Ф 3.4	Ф 3.5	Ф 3.6
здания организаций торговли	здания организаций общественного питания	вокзалы	поликлиник и и амбулатории	помещения для посетителей организаций бытового обслуживания с нерасчетным числом посадочных мест	физкультурно-оздоровительные комплексы и спортивно-тренировочные учреждения с помещениями без трибун для зрителей, бытовые помещения, бани

Ф4 – здания научных и образовательных учреждений, научных и проектных организаций, органов управления учреждений			
Ф 4.1 здания общеобразовательных учреждений, образовательных учреждений дополнительного образования детей, образовательных учреждений начального профессионального и среднего профессионального образования	Ф 4.2 здания образовательных учреждений высшего профессионального образования и дополнительного профессионального образования (повышения квалификации) специалистов	Ф 4.3 здания органов управления учреждений, проектно-конструкторских организаций, информационных и редакционно-издательских организаций, научных организаций, банков, контор, офисов	Ф 4.4 здания пожарных депо
Ф5 – здания производственного или складского назначения			
Ф 5.1 производственные здания, сооружения, строения, производственные и лабораторные помещения, мастерские	Ф 5.2 складские здания, сооружения, строения, стоянки для автомобилей без технического обслуживания и ремонта, книгохранилища, архивы, складские помещения	Ф 5.3 здания сельскохозяйственного назначения	

Приложение В
(справочное)

Таблица В.1 – Статистические данные о частоте возникновения пожара в зданиях

№ п/п	Наименование здания	Частота возникновения пожара в течение года
1	Общеобразовательные организации	$1,16 \cdot 10^{-2}$
2	Организации начального профессионального образования (профессиональное техническое училище)	$1,98 \cdot 10^{-2}$
3	Организации среднего профессионального образования (среднее специальное учебное заведение)	$2,69 \cdot 10^{-2}$
4	Дошкольные образовательные организации	$1,3 \cdot 10^{-3}$
5	Детские оздоровительные лагеря, летние детские дачи	$1,26 \cdot 10^{-3}$
6	Санатории, дома отдыха, пансионаты	$2,99 \cdot 10^{-2}$
7	Амбулатории, поликлиники, диспансеры, медпункты	$8,88 \cdot 10^{-3}$
8	Здания розничной торговли: универмаги, промтоварные магазины; универсамы, продовольственные магазины; магазины смешанных товаров; аптеки, аптечные ларьки;	$2,03 \cdot 10^{-2}$
9	Здания рыночной торговли: крытые, оптовые рынки (из зданий стационарной постройки), торговые павильоны, киоски, ларьки, палатки, контейнеры	$1,13 \cdot 10^{-2}$
10	Здания организаций общественного питания	$3,88 \cdot 10^{-2}$
11	Гостиницы, мотели	$2,81 \cdot 10^{-2}$
12	Спортивные сооружения	$1,83 \cdot 10^{-3}$
13	Здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений	$6,90 \cdot 10^{-3}$
14	Библиотеки	$1,16 \cdot 10^{-3}$
15	Музеи	$1,38 \cdot 10^{-2}$
16	Больницы	$1,3 \cdot 10^{-2}$
17	Образовательные организации с наличием интерната	$7,7 \cdot 10^{-3}$
18	Специализированные дома престарелых и инвалидов	$7,7 \cdot 10^{-3}$
19	Дома жилые многоквартирные	$2,6 \cdot 10^{-2}$
20	Дома жилые одноквартирные	$1,9 \cdot 10^{-3}$

**Приложение Г
(обязательное)**

Таблица Г.1 – Характеристика учебной аудитории №127

Длина, м	Ширина, м	Площадь, м ²	Пожарная нагрузка	Источник зажигания	Количество человек в аудитории	Оставшееся количество эвакуирующихся человек
17,03	6,44	109,67	– Мебель – Бумага – Дерево – Пластик – Провода	Питающий шнур компьютера	30	120

Таблица Г.2 – Характеристики пожарной нагрузки аудитории №127

Вещества и материалы аудитории	Низшая теплота сгорания Q_p , МДж · кг ⁻¹
Бумага:	
- разрыхленная	13,40
- книги, журналы	13,40
- книги на деревянных стеллажах	13,40
Древесина (мебель в жилых и административных зданиях, $W = 8 \div 10 \%$)	13,80
Кабель (силовой, освещения, управления, автоматики)	37,51
Пластмасса	41,87

Таблица Г.3 – Характеристика учебной аудитории №155а

Длина, м	Ширина, м	Площадь, м ²	Пожарная нагрузка	Источник зажигания	Количество человек в аудитории	Оставшееся количество эвакуирующихся человек
14,25	11,38	174,57	– Мебель – Бумага – Дерево – Пластик – Провода – Кабели	Питающий провод установки	20	130

Таблица Г.4 – Характеристики пожарной нагрузки аудитории №155а

Вещества и материалы аудитории	Низшая теплота сгорания Q_p , МДж · кг ⁻¹
Бумага:	
- разрыхленная	13,40
- книги, журналы	13,40
- книги на деревянных стеллажах	13,40

Продолжение таблицы Г.4

Древесина (мебель в жилых и административных зданиях, $W = 8 \div 10 \%$)	13,80
Кабель (силовой, освещения, управления, автоматики)	37,51
Пластмасса	41,87

Таблица Г.5 – Характеристика учебной аудитории №119

Длина, м	Ширина, м	Площадь, м ²	Пожарная нагрузка	Источник загорания	Количество человек в аудитории	Оставшееся количество эвакуирующихся человек
7,94	6,31	50,1	– Мебель – Бумага – Дерево – Пластик – Провода – Кабели	Горящий сетевой фильтр компьютера	25	125

Таблица Г.6 – Характеристики пожарной нагрузки аудитории №119

Вещества и материалы аудитории	Низшая теплота сгорания Q_p , МДж · кг ⁻¹
Бумага:	
- разрыхленная	13,40
- книги, журналы	13,40
- книги на деревянных стеллажах	13,40
Древесина (мебель в жилых и административных зданиях, $W = 8 \div 10 \%$)	13,80
Кабель (силовой, освещения, управления, автоматики)	37,51
Пластмасса	41,87

Таблица Г.7 – Характеристика учебной аудитории №101

Длина, м	Ширина, м	Площадь, м ²	Пожарная нагрузка	Источник загорания	Количество человек в аудитории	Оставшееся количество эвакуирующихся человек
20,22	9,53	188,87	– Мебель – Бумага – Дерево – Пластик – Провода – Кабели	Горящая мебель (деревянная отделка и столы)	40	110

Таблица Г.8 – Характеристики пожарной нагрузки аудитории №127

Вещества и материалы аудитории	Низшая теплота сгорания Q_p, МДж · кг⁻¹
Бумага:	
- разрыхленная	13,40
- книги, журналы	13,40
- книги на деревянных стеллажах	13,40
Древесина (мебель в жилых и административных зданиях, $W = 8 \div 10 \%$)	13,80
Кабель (силовой, освещения, управления, автоматики)	37,51
Пластмасса	41,87

Приложение Д (обязательное)

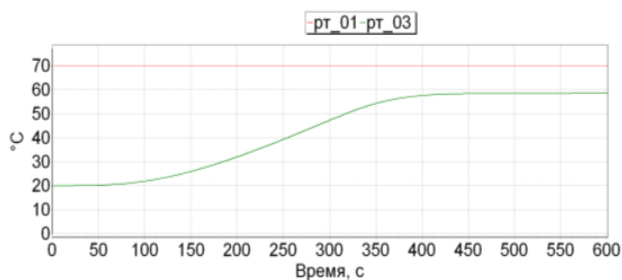


Рисунок Д.1 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре

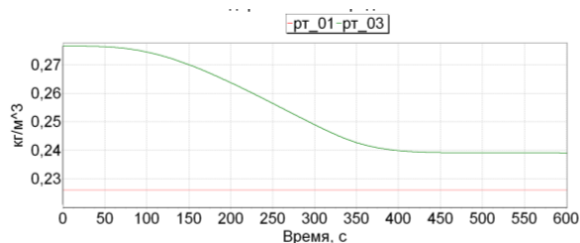


Рисунок Д.2 – Критическая продолжительность пожара по содержанию кислорода

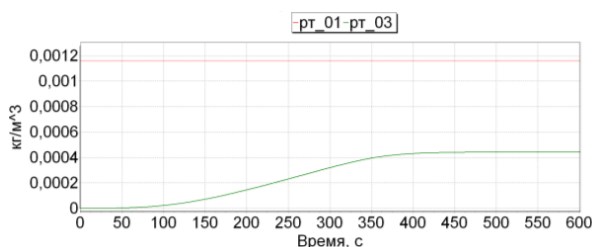


Рисунок Д.3 – Критическая продолжительность пожара по содержанию угарного газа

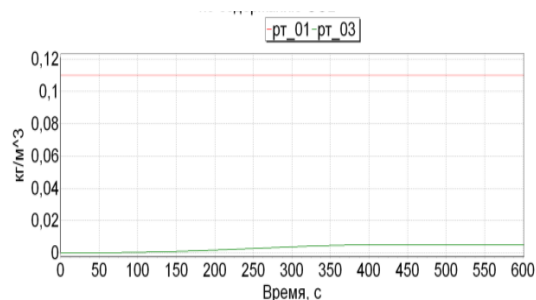


Рисунок Д.4 – Критическая продолжительность пожара по содержанию углекислого газа

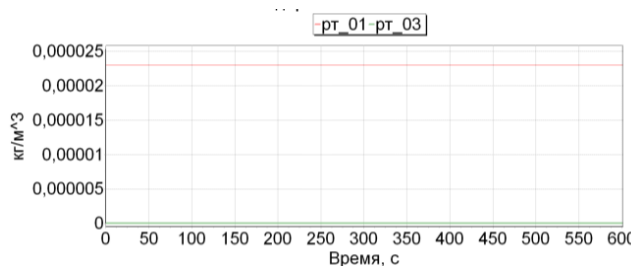


Рисунок Д.5 – Критическая продолжительность пожара по содержанию соляной кислоты

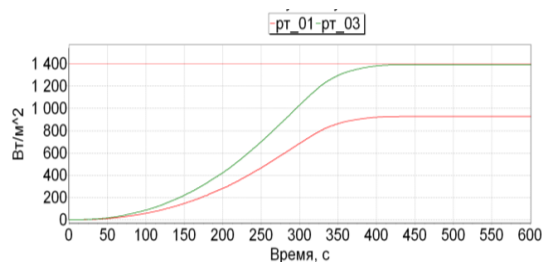


Рисунок Д.6 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку

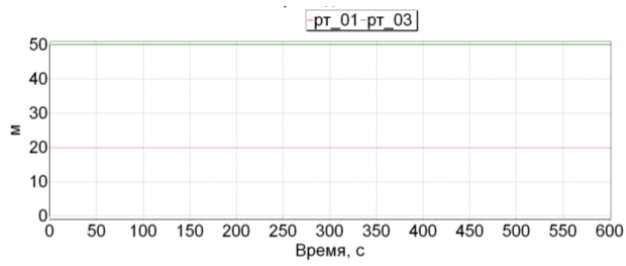


Рисунок Д.7 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости

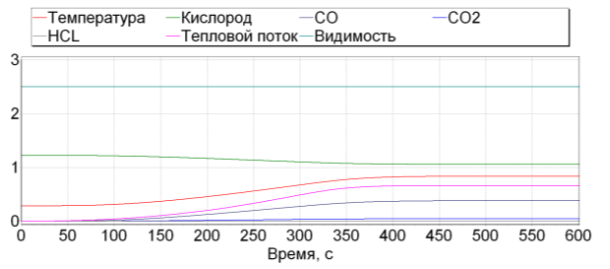


Рисунок Д.8 – Развитие всех ОФП

**Приложение Е
(обязательное)**

Таблица Е.1 – Пример задания основных параметров элементов сценария в программах

	Аудитория	Элементы топологии	Длина, м	Ширина, м	Высота, м	Площадь, м ²
Этаж_1 8 корпуса ТПУ					3,40	
	101		20,22	9,53	3,40	192,70
		Окно_49		1,20	1,50	
		Окно_50		1,20	1,50	
		Окно_51		1,20	1,50	
		Окно_52		1,20	1,50	
		Окно_53		1,20	1,50	
		Окно_54		1,20	1,50	
		Окно_55		1,20	1,50	
		Окно_56		1,20	1,50	
	102		8,23	4,34	3,40	35,72
		Окно_57		1,20	1,50	
	103		8,14	6,64	3,40	54,05
		Окно_47		1,20	1,50	
		Окно_48		1,20	1,50	
	104		6,68	4,26	3,40	28,46
		Окно_46		1,20	1,50	
	105		6,34	4,09	3,40	25,93
		Окно_45		1,20	1,50	
	106		8,02	6,58	3,40	52,77
		Окно_43		1,20	1,50	
		Окно_44		1,20	1,50	
	107		8,03	6,23	3,40	50,03
		Окно_41		1,20	1,50	
		Окно_42		1,20	1,50	
	108		8,22	5,82	3,40	47,84
		Окно_39		1,20	1,50	
		Окно_40		1,20	1,50	
	109		6,67	4,99	3,40	33,28
		Окно_38		1,20	1,50	
	110		6,43	4,64	3,40	29,84
		Окно_37		1,20	1,50	
	111		6,20	4,75	3,40	29,45
		Окно_35		1,20	1,50	
		Окно_36		1,20	1,50	
	112		4,38	4,29	3,40	18,79
		Окно_33		1,20	1,50	
	113		6,47	4,32	3,40	27,95
		Окно_31		1,20	1,50	
	114		6,00	5,49	3,40	32,94

**Приложение Ж
(справочное)**

Таблица Ж.1 – Классы пожаров и их характеристики

Обозначение класса пожара	Характеристика класса	Обозначение подкласса	Характеристика подкласса
A	Горение твердых веществ	A1	Горение твердых веществ, сопровождаемое тлением (дерева, бумаги, соломы, угля, текстильных изделий)
		A2	Горение твердых веществ, не сопровождаемое тлением (пластмассы)
	Горение жидких веществ	B1	Горение жидких веществ, не растворимых в воде (бензина, эфира, нефтяного топлива), а также сжижаемых твердых веществ (например, парафина)
		B2	Горение жидких веществ, растворимых в воде (спиртов, метанола, глицерина)
C	Горение газообразных веществ (бытовой газ, водопровод, пропан)		
D	Горение металлов	D1	Горение легких металлов, за исключением щелочных (алюминия, магния и их сплавов)
		D2	Горение щелочных и других подобных металлов (натрия, калия)
		D3	Горение металлосодержащих соединений (металлоорганических соединений, гидридов металлов)