

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

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Оценка пожарного риска лечебно-профилактического учреждения

УДК 614.842.6.026.1:614.21

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е61	Пыкина Александра Дмитриевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Задорожная Т.А.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Л.Ю.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев М.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Результаты освоения образовательной программы по направлению 20.03.01 Техносферная безопасность

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВО, СУОС, критериев АИОР, и/или заинтересованных сторон
Общие по направлению подготовки		
P1	Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы, применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-1, 2, ОПК-2). CDIO Syllabus (2.4, 4.1, 4.2.7, 4.7). Критерий 5 АИОР (п. 2.12)
P2	Демонстрировать понимание сущности и значения информационных технологий в развитии современного общества и для ведения практической инновационной инженерной деятельности в области техносферной безопасности	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (ОПК-1). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.5)
P3	Способность эффективно работать самостоятельно, в качестве члена и руководителя интернационального коллектива при решении междисциплинарных инженерных задач с осознанием необходимости интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-3, 5, 6, 7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-5, ПК-8). CDIO Syllabus (2.4, 2.5, 3.1, 3.3, 4.2), Критерий 5 АИОР (п. 2.9, 2.12, 2.14)
P4	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-4, ОПК-4). CDIO Syllabus (3.2). Критерий 5 АИОР (п. 2.11)
P5	Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования с целью выбора и оптимизации устройств, систем и методов защиты человека и природной среды от опасностей.	Требования ФГОС ВО, СУОС ТПУ (УК-8, ОПК-1, ПК-5). CDIO Syllabus (1.1, 2.1). Критерий 5 АИОР (п. 2.1, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8)
Профиль		
P6	Уметь выбирать, применять, оптимизировать и обслуживать современные системы обеспечения техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателях, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ОПК-5, ПК-5, ПК-6, ПК-7). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2, 2.4, 2.4, 2.6, 2.7, 2.8), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P7	Уметь организовать деятельность по обеспечению техносферной безопасности на предприятиях и в организациях – потенциальных работодателя, в том числе при реализации инновационных междисциплинарных проектов	Требования ФГОС ВО (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ОПК-3, 4, 5). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5, 3.1) Критерий 5 АИОР (п. 2.6, 2.12), требованиями проф. стандарта 40.056 Профессиональный стандарт «Специалист по противопожарной профилактике»
P8	Уметь оценивать механизм, характер и риск воздействия техносферных опасностей на человека и природную среду	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-16, ПК-17). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8), требованиями проф. стандартов 40.056 «Специалист по противопожарной профилактике», 40.054 «Специалист в области охраны труда»
P9	Применять методы и средства мониторинга техносферных опасностей с составлением прогноза возможного развития ситуации	Требования ФГОС ВО (ПК-12, ПК-14, ПК-15, ПК-17, ПК-18). CDIO Syllabus (1.3, 2.1–2.5). Критерий 5 АИОР (п. 2.2–2.8)

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

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

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
20.03.01 Техносферная безопасность
_____ А.Н. Вторушина
04.02.2020 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
1Е61	Пыкина Александра Дмитриевна

Тема работы:

Оценка пожарного риска лечебно-профилактического учреждения

Утверждена приказом директора (дата, номер)

28.02.2020 г. №59-52/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

08.06.2020 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Объект исследования – санаторий-профилакторий ТПУ;</p> <p>Количество надземных этажей 4;</p> <p>Площадь здания 2793,7 м²;</p> <p>Класс функциональной пожарной опасности Ф3,4;</p> <p>Класс конструктивной пожарной опасности С0;</p> <p>Степень огнестойкости 1 степень;</p> <p>СОУЭ 3-5 типа.</p>
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной</i></p>	<ol style="list-style-type: none">1. Выявить причины возникновения пожара в лечебно-профилактических учреждениях.2. Изучить требования пожарной безопасности в учреждениях здравоохранения.3. Дать характеристику объекта исследования и рассмотреть соблюдаемые меры по пожарной безопасности.4. Рассчитать время эвакуации, время

<i>работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара и индивидуальный пожарный риск для сценариев с наихудшими условиями пожара. 5. Разработать дополнительные мероприятия по снижению пожарного риска в здании санатория-профилактория ТПУ.
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Таблицы, рисунки.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Гуляев Милий Всеволодович
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	Спицына Любовь Юрьевна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2020 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Задорожная Татьяна Анатольевна	к.т.н		04.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е61	Пыкина Александра Дмитриевна		04.02.2020 г.

федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности
Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
Уровень образования бакалавриат
Отделение контроля и диагностики
Период выполнения весенний семестр 2019/2020 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы: 08.06.2019 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
26.02.2020 г.	Составление и утверждение технического задания на тему. Постановка целей и задач.	20
20.03.2020 г.	Аналитический обзор литературных источников с целью установления наилучшего обоснования теоретических положений риска в пожарной безопасности и изучение методики оценки пожарного риска	10
10.04.2020 г.	Исследование характеристики исследуемого объекта	15
11.05.2020 г.	Расчёт величин индивидуального пожарного риска	15
25.05.2020 г.	Разработка дополнительных мероприятий по снижению пожарного риска в санатории-профилактории	10
29.05.2020 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
08.06.2019 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Задорожная Т.А.	к.т.н		04.02.2020

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2020

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е61	Пыкиной Александре Дмитриевне

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

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	<p>Оклад руководителя – 27500 руб. Оклад студента – 1936 руб. Бюджет проекта не более 70000 руб.. Значение показателя интегральной ресурсоэффективности - не менее 4,6 баллов из 5.</p>
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	<p>-премиальный коэффициент научного руководителя 30%; -премиальный коэффициент бакалавра 0%; -коэффициент дополнительной заработной платы научного руководителя 12%; - накладные расходы 16%; - районный коэффициент 30%.</p>
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	<p>Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 28%.</p>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	<p>Оценка потенциальных потребителей исследования Планирование этапов работы, определение календарного графика и трудоемкости работы, расчет бюджета НИИ</p>
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	<p>Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы.
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	<i>Определение эффективности исследования.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. *Сегментирование рынка*
2. *Оценка конкурентоспособности технических решений*
3. *Матрица SWOT*
4. *Календарный план-график проведения ВКР по теме*
5. *График проведения и бюджет НИ*
6. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е61	Пыкина Александра Дмитриевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
1Е61	Пыкиной Александре Дмитриевне

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

Тема ВКР:

Оценка пожарного риска лечебно-профилактического учреждения	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Объектом исследования является кабинет физиотерапии в санатории-профилактории ТПУ, расположенного по адресу г. Томск, ул. Усова 13</i>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	<i>Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</i>
2. Производственная безопасность:	<i>Проанализировать потенциально возможные вредные и опасные факторы при работе в кабинете физиотерапии:</i> <ul style="list-style-type: none"> – действие вредных и опасных факторов на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью; – предлагаемые средства защиты; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – неудовлетворительный микроклимат; – повышенный уровень шума на рабочем месте; – поражение электрическим током; – повышенный уровень статического электричества;
3. Экологическая безопасность:	<i>– Анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу;</i> <ul style="list-style-type: none"> – решение по обеспечению экологической безопасности.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	<i>– Анализ возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;</i> <ul style="list-style-type: none"> – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка мер по предупреждению ЧС; – пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е61	Пыкина Александра Дмитриевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 140 с., 1 рис., 36 табл., 29 источников, 3 прил.

Ключевые слова: лечебно-профилактическое учреждение, пожарная безопасность, пожарный риск, пожарная сигнализация, эвакуация.

Объектом исследования является санаторий-профилакторий Томского политехнического университета

Цель работы – проведение оценки соответствия индивидуального пожарного риска в здании санатория-профилактория ТПУ с нормативным значением.

В процессе исследования проводился анализ причин пожаров в учреждениях здравоохранения, характеристика объекта и анализ пожарной опасности санатория профилактория ТПУ.

В результате исследования был проведен расчет индивидуального пожарного риска в здании санатория-профилактория ТПУ, а также разработаны дополнительные мероприятия по снижению вероятности возникновения пожара.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: класс функциональной опасности здания Ф3.4, класс конструктивной пожарной опасности С0, степень огнестойкости 1.

Экономическая эффективность/значимость работы: полученные результаты помогут провести разработанные дополнительные мероприятия для снижения вероятности возникновения пожара, быстрого реагирования во время эвакуации людей из здания и эффективной работы СОУЭ.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АПС – автоматическая пожарная сигнализация;

АУПС – автоматическая установка пожарной сигнализации;

ГЖ – горючие жидкости.

ГОСТ – государственный стандарт;

ГПС – Государственная противопожарная служба

ЛВЖ – легковоспламеняющиеся жидкости;

ОСТ – отраслевой стандарт;

ОФП – опасные факторы пожара;

ПБ – пожарная безопасность;

ППБ – правила пожарной безопасности;

ПУЭ – правила устройства электроустановок

СанПиН - санитарно-эпидемиологические правила и нормы;

СН – санитарные нормы;

СНиН – санитарные нормы и правила;

СП – свод правил;

СОУТ – специальная оценка условий труда;

СОУЭ – система оповещения и управление эвакуацией;

ФЗ – федеральный закон;

ЧС – чрезвычайная ситуация.

Введение.....	14
1 Пожарная безопасность и риски возникновения чрезвычайных ситуаций.....	15
1.1 Причины пожаров в учреждениях здравоохранения.....	15
1.2 Общие требования правил пожарной безопасности к учреждениям здравоохранения	16
2 Анализ пожарной опасности здания.....	20
2.1 Понятие пожарного риска	20
2.2 Основные методики расчета пожарного риска.....	21
3 Объект исследования.....	24
3.1 Характеристика здания санатория-профилактория НИ ТПУ.....	24
3.2 Архитектурно-строительные решения	24
3.3 Пожарно-техническая классификация здания профилактория ФГАОУ ВО НИ ТПУ	25
3.4 Огнестойкость и пожарная опасность здания.....	26
3.5 Системы пожарной сигнализации	26
3.6 Первичные средства пожаротушения в здании	27
3.7 Внутренний противопожарный водопровод	27
3.8 Эвакуация по лестницам и лестничным клеткам.....	28
3.9 Пути эвакуации людей при пожаре	28
3.10 Система оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей в здании санатория-профилактория	29
3.11 Способы защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара.....	29
4 Расчеты и аналитика	30
4.1 Расчет величины индивидуального пожарного риска по сценарию 1	30
4.2 Расчет величины индивидуального пожарного риска по сценарию 2.....	44
4.3 Расчет величины индивидуального пожарного риска по сценарию 3.....	47
4.4 Расчет величины индивидуального пожарного риска по сценарию 4.....	50
5 Мероприятия по снижению пожарного риска в санатории-профилактории ТПУ	55
6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность ресурсосбережение.....	57
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения....	58
6.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	65
6.3 Планирование научно-исследовательских работ	67

6.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	77
7	Социальная ответственность	79
7.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	80
7.2	Производственная безопасность.....	83
7.3	Экологическая безопасность.....	92
7.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	92
	Заключение	95
	Приложение А	99
	Приложение Б.....	107
	Приложение В.....	117

ВВЕДЕНИЕ

Пожарная безопасность – это состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения используются необходимые меры по устранению негативного влияния опасных факторов пожара на людей, сооружения и материальные ценности.

По итогам 2017 года 10,5% пожаров приходится на ЛПУ, что на 1,5% меньше, чем в 2016 году. Исходя из статистики причин возникновения пожаров, наибольший процент приходится на нарушение правил установки и эксплуатации электрооборудования [1].

По результатам анализа общедоступных источников, слабые места медицинских учреждений – система АПС, система оповещения больных и сотрудников в случае пожара, укомплектованность первичными средствами пожаротушения. Кроме того, пожарная опасность ЛПУ предопределена нахождением и использованием на рассматриваемом объекте горючих материалов и возможных источников возгорания.

Учитывая это, соблюдение требований ПБ в учреждениях здравоохранения является особо важным для минимизации пожарных рисков.

Цель работы – проведение оценки соответствия индивидуального пожарного риска в здании санатория-профилактория ТПУ с нормативным значением.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

1. Проанализировать причины пожаров в лечебно-профилактических учреждениях.
2. Изучить требования пожарной безопасности к учреждениям здравоохранения.
3. Рассмотреть характеристику здания санатория-профилактория ТПУ и изучить пожарно-техническую классификацию
4. Изучить методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях и рассчитать индивидуальный пожарный риск.
5. Разработать мероприятия по снижению пожарного риска объекта защиты.

1 ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ И РИСКИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

1.1 Причины пожаров в учреждениях здравоохранения

Пожары в учреждениях здравоохранения имеют свои особенности. Чаще всего, особенно в стационарах с круглосуточным пребыванием людей, внутри помещений пожар развивается по оборудованию и быстро возгораемым материалам. Из конструкции зданий могут гореть двери, окна, деревянные и покрытые линолеумом полы, чердачные строения из горючих материалов. Опасные факторы пожара, распространившись по коридорам и помещениям, отрезают пути эвакуации для людей, также происходит быстрое задымление верхних этажей и распространение огня, если коридоры не отделены от лестничных клеток. Наличие легковоспламеняющихся веществ и развитая система вентиляции способствуют быстрому распространению огня.

Максимальная скорость распространения огня достигает 2-3 м/мин. Особенно быстрое движение огненного потока, со скоростью 4-5 м/мин, происходит по легковоспламеняемым конструкциям коридоров и длинных помещений, по сгораемым перегородкам, дверям, мебели распространение пламени происходит с очень большой скоростью от 0,5-1,5 м/мин. При такой скорости пожара, возникшего в определенном кабинете, образовавшегося дыма достаточно для распространения на все отделение и заполнения верхних этажей учреждения здравоохранения.

Степень опасности для оказавшихся в зоне задымления больных и сотрудников в первую очередь зависит от места пожара. В процедурных, лечебных и диагностических кабинетах электроустановки находятся под напряжением, что увеличивает опасность при пожаре.

Основные причины пожаров в ЛПУ:

1. Неосторожное обращение с огнем.
2. Неисправность электрооборудования.
3. Нарушение требований пожарной безопасности.

4. Неподготовленность персонала по соблюдению мер пожарной безопасности.

5. Неудовлетворительное противопожарное состояние объекта.

Главная задача учреждений здравоохранения выполнение требований основных руководящих документов пожарной безопасности:

- Федеральный закон № 69 «О пожарной безопасности» от 21.12.1994 [4];
- Постановление Правительства РФ от 25.04.2012 №390 «О противопожарном режиме» [5];
- Базовый документ для учреждений здравоохранения «ППБО 07-91. Правила пожарной безопасности для учреждений здравоохранения» [6];
- СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям [7].

Правила пожарной безопасности должны строго соблюдаться во избежание материального ущерба и причинения вреда людям. Ведь как показывает статистика (табл. 1), при пожарах в лечебных учреждениях происходит гибель людей.

Таблица 1 – Данные МЧС России по пожарам в лечебных учреждениях со стационаром

Год	Количество пожаров	Пострадавшие	Погибло
2013	55	7	41
2014	60	4	4
2015	58	31	25
2016	56	7	1
2017	49	5	0
2018	–	–	–
2019	–	–	–

1.2 Общие требования правил пожарной безопасности к учреждениям здравоохранения

В зданиях при одновременном нахождении на этаже более 10 человек должны быть вывешены на видных местах планы эвакуации при пожаре и других

ЧС, а также предусмотрено наличие автоматической установки пожарной сигнализации. На объектах с массовым пребыванием людей (50 и более человек) в дополнение к схематическому плану эвакуации людей при пожаре должна быть разработана инструкция, определяющая действия персонала по обеспечению безопасной и быстрой эвакуации людей, по которой не реже одного раза в полугодие должны проводиться практические тренировки всех задействованных для эвакуации работников. Для объектов с ночным пребыванием людей в инструкции должны предусматриваться два варианта действий: в дневное и ночное время [5].

Руководители указанных объектов ежедневно в установленное Государственной противопожарной службой время сообщают в пожарную часть, в районе выезда которой находится объект, информацию о количестве людей, находящихся на каждом объекте.

Световая, звуковая и визуальная информирующая сигнализация должна быть предусмотрена в помещениях, посещаемых данной категорией лиц, а также у каждого эвакуационного, аварийного выхода и на путях эвакуации. Световые сигналы в виде светящихся знаков должны включаться одновременно со звуковыми сигналами. Частота мерцания световых сигналов – не выше 5 Гц. Визуальная информация располагается на контрастном фоне с размерами знаков, соответствующими расстоянию рассматривания.

Руководитель лечебного учреждения должен ежедневно после окончания выписки больных сообщать в пожарную часть данные о числе больных, находящихся в каждом здании учреждения.

Здания больниц и других учреждений с постоянным пребыванием людей, не способных передвигаться самостоятельно, необходимо обеспечить носилками из расчета одни носилки на пять больных (инвалидов). В больницах палаты для тяжелобольных и детей следует размещать на нижних этажах.

Расстояние между кроватями в больничных палатах должно быть не менее 0,8 м, а центральный основной проход - шириной не менее 1,2 м. Недопустимо загромождение эвакуационных проходов и выходов различной мебелью.

Запрещается:

- обустраивать и использовать в корпусах с палатами для больных помещения, не связанные с лечебным процессом (кроме определенных нормами проектирования);

- устанавливать кровати в коридорах, холлах и на других путях эвакуации;

- устанавливать металлические решетки или жалюзи на окна помещений, где находятся больные и обслуживающий персонал;

- оклеивать деревянные стены и потолки обоями или окрашивать их нитро или масляными красками;

- применять для отделки помещений материалы, выделяющие при горении токсичные вещества;

- устанавливать и хранить баллоны с кислородом в зданиях лечебных учреждений;

- применять резиновые и пластмассовые шланги для подачи кислорода от баллонов в больничные палаты;

- пользоваться неисправным лечебным электрооборудованием;

- размещать в подвальных и цокольных этажах лечебных учреждений мастерские, склады, кладовые.

Установка кипятильников, водонагревателей и титанов, стерилизация медицинских инструментов, а также разогрев парафина и озокерита допускается только в специально приспособленных для этой цели помещениях. Для кипячения инструментов и прокладок должны применяться стерилизаторы с закрытыми спиралями. Применение керогазов, керосинок и примусов для этих целей не разрешается.

В лабораториях, отделениях, кабинетах врачей допускается хранение медикаментов и реактивов (относящихся к ЛВЖ и ГЖ) в специальных закрывающихся металлических шкафах общим количеством не более 3 кг с учетом их совместимости.

Эвакуационные выходы в учреждениях с пребыванием людей должны быть обозначены светящимся табло с надписью "ВЫХОД" белыми буквами на зеленом фоне [6].

2 АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ ЗДАНИЯ

2.1 Понятие пожарного риска

Для обеспечения безопасности объекта защиты нужно предпринимать меры против пожарной опасности. Основными факторами, которые определяют пожарную опасность являются следующие показатели:

- конструктивное исполнение здания;
- пожароопасность материалов, находящихся внутри объекта;
- порядок эксплуатации здания и вспомогательных сооружений;
- средства противопожарной защиты, имеющиеся в здании;
- соблюдение ППБ работниками.

Для определения пожарной опасности здания, надо тщательно исследовать возможности реализации пожарной опасности объекта и ее последствий для людей и материальных ценностей, то есть произвести расчет и изучить пожарные риски.

Оценка вероятности развития ситуации по нескольким признакам поможет определить размеры человеческих и материальных потерь и снизить степень опасности до минимальной. Для этого рассчитываются величины пожарного риска определенного здания или сооружения, их соотнесение с нормативными значениями пожарных рисков. Такая расчетная величина признается количественной мерой вероятности пожарной ситуации на объекте и тех последствий, которые возможны в результате пожара для окружающих.

В соответствии с ФЗ №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» выделяют три типа пожарных рисков:

- допустимый – пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий;
- индивидуальный – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара;
- социальный – степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара [2].

2.2 Основные методики расчета пожарного риска

Для расчета пожарных рисков используются методики и формулы, указанные в Приказах МЧС России №382 [3] и №404 [8]. Чтобы оценить пожарный риск, нужно определить расчетные величины для проектируемого или существующего объекта, сравнить их с нормативными значениями. Для определения расчетных величин проводится:

- анализ пожарной опасности объекта;
- определение и оценка частоты пожароопасных ситуаций;
- построение возникающих при пожаре полей опасных факторов;
- оценка последствий от воздействия пожара и сопутствующих факторов на людей [2].

Перечень опасных факторов, возникающих при пожарах, указан в ст. 9 Закона № 123-ФЗ – это тепловой поток, пламя и искры, снижение видимости в дыму, снижение концентрации кислорода, повышенная температура на путях эвакуации, иные факторы. В этой же статье указаны сопутствующие проявления опасных факторов, которые могут увеличивать степень риска – осколки и части разрушившихся объектов, токсичные вещества, вынос высокого напряжения на незащищенные части имущества и оборудования, воздействие огнетушащих составов [2].

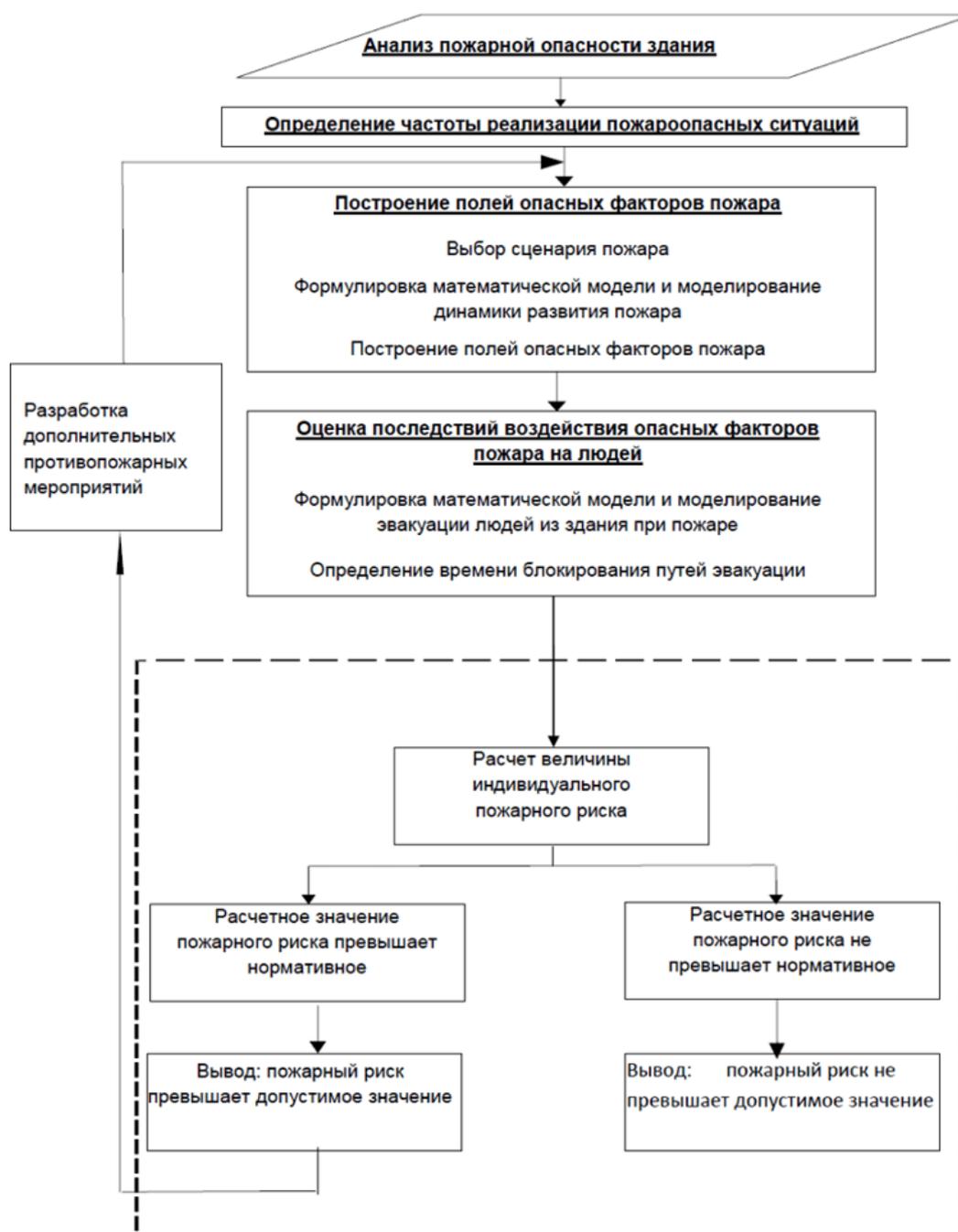


Рисунок 1 – Общая схема оценки пожарной безопасности здания и расчета рисков

Приказом МЧС №382 определена методика расчета пожарных рисков в зданиях и сооружениях различных классов функциональной пожарной опасности. Перечень классов указан в п.1 Приказа №382. По классу опасности будет выбрана формула для расчета, определены показатели анализа. Методика по Приказу №382 предусматривает расчет индивидуального пожарного риска для лиц, находящихся в здании [3].

Для производственных объектов аналогичная методика определена Приказом №404. Этот документ применяется для всех типов производственных зданий, кроме отдельных объектов – военного назначения, переработки радиоактивных и взрывчатых веществ, горных выработок, ряда иных комплексов. Для расчета пожарных рисков производственного объекта дополнительно учитываются опасности для работников предприятия, людей в близлежащих территориях. Приказ №404 предусматривает расчет индивидуального и социального показателя пожарного риска [8].

3 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1 Характеристика здания санатория-профилактория НИ ТПУ

Санаторий-профилакторий ФГАОУ ВО НИ ТПУ расположен в 4-х этажном кирпичном подвальном этаже по адресу: г. Томск, ул. Усова, 13.

Общая площадь – 2793,70 кв. м.

Год постройки – 1955 г.

Санаторий-профилакторий предназначен для оздоровления сотрудников университета и студентов.

ФИО директора: Янов Сергей Анатольевич.

3.2 Архитектурно-строительные решения

Наружные и внутренние стены здания санатория-профилактория выполнены из полнотелого красного кирпича. Перекрытия здания – железобетонные многопустотные плиты. Перегородки кирпичные толщиной 120 мм с отделкой их гипсоволокнистого листа.

Кровля – скатная по деревянным стропилам, покрытие – оцинкованное железо.

Здание обеспечено двумя лестничными клетками Л1, с остеклёнными проёмами и наружных стенах на каждом этаже.

Лестничные площадки выполнены из монолитного железобетона, с металлическими балками, полы площадок выложены керамической плиткой. Лестничные марши из железобетонных ступеней, уложенных на металлические опорные каркасы. Ограждение лестниц металлическое. Все лестничные клетки изолированы от поэтажных коридоров дверями.

Фасад здания обшит металлическим сайдингом.

Вентиляция в помещениях – естественная приточно-вытяжная и с механическим побуждением. Отопление – центральное, водяное. Освещение помещений – электрическое, 220 В.

3.3 Пожарно-техническая классификация здания профилактория ФГАОУ ВО НИ ТПУ

Пожарно-техническая классификация применяется для определения требований ПБ в зависимости от функционального назначения и пожарной опасности. В соответствии со ст. 29 ФЗ №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» классификация зданий осуществляется по трем критериям: класс функциональной пожарной опасности, класс конструктивной пожарной опасности и степень огнестойкости [2].

С помощью класса функциональной пожарной опасности здания классифицируются по их функциональному назначению и режиму ведения производственного процесса. Поскольку здание санатория-профилактория ТПУ в первую очередь является лечебно-профилактическим учреждением, то относится к поликлиникам и амбулаториям и в соответствии со ст. 32 ФЗ №123-ФЗ имеет класс функциональной пожарной опасности – Ф3.4.

Исходя из архитектурно-строительной характеристики объекта защиты, несущие стержневые элементы, наружные стены с внешней стороны, стены, перегородки, перекрытия, марши и площадки лестниц в лестничных клетках выполнены из негорючих материалов (железобетон, кирпич, керамическая плитка). Отсюда следует, что класс пожарной опасности строительных конструкций – К0, значит класс конструктивной пожарной опасности здания – С0 [29].

Поскольку в качестве главного строительного материала рассматриваемого объекта применены железобетон и кирпич, то строительная конструкция санатория-профилактория имеет способность сохранять несущие и ограждающие функции в условиях пожара, что определяет 1 степень огнестойкости пожара[2].

3.4 Огнестойкость и пожарная опасность здания

В помещениях санатория-профилактория ТПУ применяются основные строительные конструкции с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности и строительные материалы показателями пожарной опасности, соответствующими требуемой степени огнестойкости зданий и сооружений и классу их конструктивной пожарной опасности.

В здании 1 степени огнестойкости для обеспечения требуемого предела огнестойкости несущих элементов здания, отвечающих за его общую устойчивость и геометрическую неизменяемость при пожаре, применяется конструктивная огнезащита раз в 5 лет. Последняя огнезащита проводилась в 2016 году, следующая будет в 2021.

Этажность и степень огнестойкости здания, допустимое количество людей в здании объекта защиты, соответствуют требованиям СП 118.13330.2012 [9].

3.5 Системы пожарной сигнализации

Все помещения объекта защиты оборудованы АУПС, которая делает возможным быстрое реагирование на обнаружение пожара, подачу управляющих сигналов на технические средства оповещения и управления эвакуацией помещения людей,

Технические средства пожарной сигнализации обеспечивают:

- выдачу сигнала «пожар» при срабатывании средств системы на выносные устройства световой и звуковой индикации;
- выдачу сигналов «неисправность» при нарушении или отказе системы;
- круглосуточный контроль пожарной обстановки на объекте;
- ведение протокола событий в памяти пожарного приёмно-контрольного прибора сигнализации;
- периодическую диагностику исправности технических средств системы пожарной сигнализации;

– отключение вентиляционных систем при пожаре.

Ручные пожарные извещатели установлены на путях эвакуации в местах доступных для их включения при возникновении пожара.

Пожарная сигнализация обеспечена источниками бесперебойного электропитания.

Плановое техническое обслуживание АПС осуществляется специалистами учреждения (хозяйственным способом).

3.6 Первичные средства пожаротушения в здании

Помещения профилактория обеспечены первичными средствами пожаротушения (ОУ-3, ОП-4(з)), в соответствии с ППБО 07-91, в количестве 20 шт.

Приказом по учреждению назначено ответственное лицо за приобретение, ремонт, сохранность и готовность к действию первичных средств пожаротушения. Местоположение огнетушителей в здании обозначены знаками для обозначения пожарно-технических средств.

3.7 Внутренний противопожарный водопровод

Здание санатория-профилактория ТПУ оборудовано внутренним противопожарным водопроводом, рассчитанным на одну струю с минимальным расходом воды 2,5 л/с.

Пожарные краны размещены в шкафчиках, установленных на высоте $1,35 \pm 0,15$ м над полами, в количестве 8 шт. Каждый пожарный кран укомплектован рукавами и стволами. Пожарный рукав смотан в двойную скатку и присоединён к крану и стволу.

Инженерно-техническими работниками НИ ТПУ систематически проводятся проверки пожарных кранов на работоспособность 2 раза в год в соответствии с п. 2.4.3. ГОСТ 12.4.009-83 [10].

3.8 Эвакуация по лестницам и лестничным клеткам

Ширина маршей лестниц, предназначенных для эвакуации, составляет 1,8 м и 1,3 м. Уклон лестниц на путях эвакуации не более 1:2; ширина проступи 30 см, высота ступени 17 см.

Лестничные марши и площадки имеют ограждения с поручнями.

Ширина лестничного марша в здании объекта защиты не менее 1,2 м и не менее ширины выхода на лестничную клетку с наиболее населённого этажа.

3.9 Пути эвакуации людей при пожаре

Объект защиты имеет систему размещения помещений в здании и исполнение путей эвакуации, обеспечивающие безопасную эвакуацию людей при пожаре.

Эвакуационные выходы в здании ведут из помещений первого этажа наружу, через коридор наружу, через лестничную клетку наружу и из помещений в коридор, ведущий непосредственно в лестничную клетку.

Для обеспечения безопасной эвакуации людей:

- предусмотрено по два эвакуационных выхода с каждого этажа;
- обеспечено беспрепятственное движение людей по путям эвакуации и через эвакуационные выходы;
- организовано оповещение и управление движением людей по эвакуационным путям (в том числе с использованием световых табло указателя «ВЫХОД»).

Двери эвакуационных выходов и двери на путях эвакуации не имеют препятствий для свободного открывания изнутри без ключа и отпираются по направлению выхода из здания и лестничной клетки.

Для эвакуации людей в случае пожара разработаны и на видных местах вывешены планы эвакуации, 6 шт. Разработанные планы эвакуации соответствуют ГОСТ Р 12.2.143-2009 согласованы и территориальным подразделением ГПС [11].

Эвакуационные пути и выходы (коридоры, лестничные клетки, холлы) обозначены знаками пожарной безопасности в соответствии с Нормами пожарной безопасности – НПБ 160-97 [12].

3.10 Система оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей в здании санатория-профилактория

Оповещение людей о пожаре, управление эвакуацией людей и обеспечение их безопасной эвакуации при пожаре в здании осуществляется за счет:

- подачи звуковых сигналов на каждом этаже;
- размещения и обеспечения освещения знаков пожарной безопасности на путях эвакуации.

СОУЭ людей, световые указатели, оборудованы источниками бесперебойного электропитания.

3.11 Способы защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара

Защита людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и ограничение последствий их воздействия в здании санатория-профилактория ТПУ обеспечивается следующими способами в соответствии с ФЗ N123 [2]:

- применение первичных средств пожаротушения.

Обязательны также эксплуатационные мероприятия по пожарной профилактике – своевременные профилактические осмотры и ремонт оборудования, контроль состояния электропроводки, и режимные – курение только в специально отведенных местах, оборудованных урнами из негорючих материалов и емкостями с водой.

4 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

Анализ пожарной опасности предприятия дает возможность комплексно оценить необходимость и последовательность проведения первоочередных организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности предприятия, определить необходимость и объем выделения средств по решению предложенных вопросов.

Проведение анализа происходило путем расчета индивидуального пожарного риска согласно Приказу МЧС РФ от 30.06.2009 г. №382 «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности» для 4-х сценариев пожара в здании санатория-профилактория ТПУ [3].

Все расчетные формулы приведены в Приложении А.

4.1 Расчет величины индивидуального пожарного риска по сценарию 1

В сценарии 1 пожар произошел в кабинете физиотерапии на 3 этаже санатория профилактория из-за замыкания в электрической сети.

Количество людей, находящихся в эвакуируемом кабинете – 3 человека.

Все участки пути по первому сценарию разобьём на 15 крупных участков при эвакуации (Приложение Б, рисунки Б1.1.-Б1.3).

1. Время начала эвакуации:

Исходя из класса функциональной пожарной опасности зданий (Ф3.4) и учета систем оповещения и управления эвакуацией (3-5), по таблице А1 Приложения А значение времени начала эвакуации $t_{нэ}$ для помещения очага пожара принимается равным:

$$t_{нэ} = 1 \text{ мин}$$

2. Расчет времени эвакуации:

Первый участок: $N_1=12$ – число людей на участке; $l_1=10,625$ – длина участка, м;

$\delta_1=1,8$ – ширина начального участка, м; $f = 0,1 \text{ м}^2 / \text{чел}$ – средняя площадь проекции человека.

Рассчитываем плотность потока людей на первом участке пути эвакуации по формуле 3 Прил. А:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1} = \frac{12 \cdot 0,1}{10,625 \cdot 1,8} = 0,06 \text{ м}^2 / \text{м}^2$$

По таблице А2 Приложения А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_H=5,6 \text{ м/мин}$, $V_H= 96 \text{ м/мин}$.

Рассчитываем время эвакуации на участке №1 по формуле 2 Прил.А:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{10,625}{96} = 0,11 \text{ мин}$$

Участок №2: $N_2 = 12+4=16$ чел; $l_2= 6,86$ м; $\delta_2 = 1,98$ м

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

$$D_2 = \frac{N_2 \cdot f}{l_2 \cdot \delta_2} = \frac{16 \cdot 0,1}{6,86 \cdot 1,98} = 0,12 \text{ м}^2 / \text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_H=8,8 \text{ м/мин}$, $V_H= 76 \text{ м/мин}$.

Рассчитываем время эвакуации на участке №2:

$$t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{6,86}{76} = 0,09 \text{ мин}$$

Участок №3: $N_3 = 13$ чел; $l_3= 17,5$ м; $\delta_3 = 1,93$ м

$$D_3 = \frac{N_3 \cdot f}{l_3 \cdot \delta_3} = \frac{13 \cdot 0,1}{17,5 \cdot 1,93} = 0,04 \text{ м}^2 / \text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_H=4 \text{ м/мин}$, $V_H= 100 \text{ м/мин}$.

Рассчитываем время эвакуации на участке №3:

$$t_3 = \frac{l_3}{v_3} = \frac{17,5}{100} = 0,175 \text{ мин}$$

Участок №4 (слияние участков в дверном проеме на центральной лестнице):

Максимально возможная интенсивность движения людей в дверном проеме равняется $q_{max} = 19,6$ м/мин, рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_4 = 1,4$ м определяется по формуле, указанной в примечании таблицы А2 Прил.А, поскольку ширина дверного проема меньше, чем 1,6 м:

$$q_{d4} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_4 = 2,5 + 3,5 \cdot 1,4 = 7,4 \text{ м/мин}$$

$q_d \leq q_{max}$, следовательно движение через дверной проем на участке 4 проходит беспрепятственно.

Рассчитываем время эвакуации на участке №4:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения t_4 через дверной проем будет равной нулю.

Участок №5: $N_5 = 7$ чел; $l_5 = 9,8$ м; $\delta_5 = 1,8$ м

$$D_5 = \frac{N_5 \cdot f}{l_5 \cdot \delta_5} = \frac{7 \cdot 0,1}{9,8 \cdot 1,8} = 0,04 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_H = 4$ м/мин, $V_H = 100$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5:

$$t_5 = \frac{l_5}{v_5} = \frac{9,8}{100} = 0,098 \text{ мин}$$

Участок №6: $N_6 = 6$ чел; $l_6 = 6,8$ м; $\delta_6 = 1,8$ м

$$D_6 = \frac{N_6 \cdot f}{l_6 \cdot \delta_6} = \frac{6 \cdot 0,1}{6,8 \cdot 1,8} = 0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_H = 5$ м/мин, $V_H = 100$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №6:

$$t_6 = \frac{l_6}{v_6} = \frac{6,8}{100} = 0,068 \text{ мин}$$

Участок №7 (слияние участков в дверном проеме на запасной лестнице):

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_7 = 0,9$ м:

$$q_{d7} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_7 = 2,5 + 3,5 \cdot 0,9 = 5,65 \text{ м/мин}$$

$q_d \leq q_{max} = 19,6$ м/мин, следовательно движение через дверной проем на участке 7 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №7:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения t_7 через дверной проем будет равной нулю.

Участок №8 эвакуация по центральной лестнице с 3 на 2 этаж (слияние эвакуирующихся с 4 и 3 этажа): $N_8 = 29 + 12 = 41$ чел; $l_8 = 6,8 \cdot 2 = 13,6$ м; $\delta_8 = 4,25$ м

$$D_8 = \frac{N_8 \cdot f}{l_8 \cdot \delta_8} = \frac{41 \cdot 0,1}{13,6 \cdot 4,25} = 0,07 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_H = 6,8$ м/мин, $V_H = 98$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №8:

$$t_8 = \frac{l_8}{v_8} = \frac{13,6}{98} = 0,14 \text{ мин}$$

Участок №9 эвакуация по запасной лестнице в левом крыле здания с 3 на 2 этаж (слияние эвакуирующихся с 4 и 3 этажа): $N_9 = 6 + 7 + 4 = 17$ чел; $l_9 = 5,8 \cdot 2 = 11,6$ м; $\delta_9 = 2,55$ м

$$D_9 = \frac{N_9 \cdot f}{l_9 \cdot \delta_9} = \frac{17 \cdot 0,1}{11,6 \cdot 2,55} = 0,06 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_H = 5,9$ м/мин, $V_H = 99$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №9:

$$t_9 = \frac{l_9}{v_9} = \frac{11,6}{99} = 0,12 \text{ мин}$$

Участок №10 эвакуация по центральной лестнице здания со 2 на 1 этаж (слияние эвакуирующихся с 4,3 и 2 этажа): $N_{10} = 41 + 14 = 55$ чел; $l_{10} = 6,8 \cdot 2 = 13,6$ м; $\delta_{10} = 4,25$ м

$$D_{10} = \frac{N_{10} \cdot f}{l_{10} \cdot \delta_{10}} = \frac{69 \cdot 0,1}{13,6 \cdot 4,25} = 0,12 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_H = 10,3$ м/мин, $V_H = 87$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №10:

$$t_{10} = \frac{l_{10}}{v_{10}} = \frac{10,98}{87} = 0,13 \text{ мин}$$

Участок №11 эвакуация по запасной лестнице в левом крыле здания со 2 на 1 этаж (слияние эвакуирующихся с 4, 3 и 2 этажа): $N_{11} = 17 + 19 = 36$ чел; $l_{11} = 5,49 \cdot 2 = 10,98$ м; $\delta_{11} = 2,53$ м

$$D_{11} = \frac{N_{11} \cdot f}{l_{11} \cdot \delta_{11}} = \frac{36 \cdot 0,1}{10,98 \cdot 2,53} = 0,13 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_H = 10,7$ м/мин, $V_H = 87$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №11:

$$t_{11} = \frac{l_{11}}{v_{11}} = \frac{10,98}{87} = 0,13 \text{ мин}$$

Участок №12 эвакуация по центральной лестнице здания с 1 этажа через выход под лестницей (слияние эвакуирующихся с 4, 3, 2 и 1 этажа). При этом, люди, не знающие о выходе под лестницей, направятся к главному выходу, следовательно произойдет разделение потока эвакуирующихся. Примерно 60% людей отправится по 14 участку. 12 участок состоит из лестницы и горизонтальной поверхности

до эвакуационного выхода, следовательно расчет состоит из 3-х частей:

1 участок – движение по горизонтальной поверхности до лестницы:

$$N_{12} = 28 + 5 = 33 \text{ чел}; l_{12.1} = 4,2 \text{ м}; \delta_{12} = 2 \text{ м}$$

$$D_{12.1} = \frac{N_{12.1} \cdot f}{l_{12.1} \cdot \delta_{12.1}} = \frac{33 \cdot 0,1}{4,2 \cdot 2} = 0,39 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_{\text{н}}=14,9$ м/мин, $V_{\text{н}}=44$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №12.1:

$$t_{12.1} = \frac{l_{12.1}}{v_{12.1}} = \frac{4,2}{44} = 0,11 \text{ мин}$$

2 участок – движение по лестнице: $N_{12} = 28 + 5 = 33$ чел; $l_{12.2} = 5,8 \cdot 2 = 11,6$ м; $\delta_{12.2} = 2,55$ м

$$D_{12.2} = \frac{N_{12.2} \cdot f}{l_{12.2} \cdot \delta_{12.2}} = \frac{33 \cdot 0,1}{11,6 \cdot 2,55} = 0,11 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_{\text{н}}=9,9$ м/мин, $V_{\text{н}}=92$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №12.2:

$$t_{12.2} = \frac{l_{12.2}}{v_{12.2}} = \frac{11,6}{92} = 0,13 \text{ мин}$$

3 участок – движение по горизонтальной поверхности до эвакуационной двери: $N_{12.3} = 28 + 5 = 33$ чел; $l_{12.3} = 2,7 + 2,1 = 4,8$ м; $\delta_{12.3} = 2$ м

$$D_{12.3} = \frac{N_{12.3} \cdot f}{l_{12.3} \cdot \delta_{12.3}} = \frac{33 \cdot 0,1}{4,8 \cdot 2} = 0,34 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_{\text{н}}=14,9$ м/мин, $V_{\text{н}}=44$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №12.3:

$$t_{12.3} = \frac{l_{12.3}}{v_{12.3}} = \frac{4,8}{44} = 0,11 \text{ мин}$$

Участок №13 эвакуация по запасной лестнице до запасной эвакуационной двери:

Участок 13.1 – эвакуация по лестничной площадке на 1 этаже запасного выхода:

$$N_{13} = 36 + 4 = 40 \text{ чел}; l_{13.1} = 2,5 \text{ м}; \delta_{12.3} = 1 \text{ м}$$

$$D_{13.1} = \frac{N_{13.1} \cdot f}{l_{13.1} \cdot \delta_{13.1}} = \frac{40 \cdot 0,1}{2,5 \cdot 1} = 16 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 13,5 \text{ м/мин}$, $V_n = 15 \text{ м/мин}$.

Рассчитываем время эвакуации на участке №13.1:

$$t_{13.1} = \frac{l_{13.1}}{v_{13.1}} = \frac{2,5}{15} = 0,17 \text{ мин}$$

Участок 13.2 – эвакуация по лестничному пролету с 1 этажа запасного выхода:

$$N_{13} = 40 \text{ чел}; l_{13.2} = 1 \text{ м}; \delta_{13.2} = 1,2 \text{ м}$$

$$D_{13.2} = \frac{N_{13.2} \cdot f}{l_{13.2} \cdot \delta_{13.2}} = \frac{40 \cdot 0,1}{1 \cdot 1,2} = 3,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 7,2 \text{ м/мин}$, $V_n = 8 \text{ м/мин}$.

Рассчитываем время эвакуации на участке №13.2:

$$t_{13.2} = \frac{l_{13.2}}{v_{13.2}} = \frac{1}{8} = 0,125 \text{ мин}$$

Участок 13.3 – эвакуация по лестничной площадке на 1 этаже запасного выхода:

$$N_{13} = 40 \text{ чел}; l_{13.3} = 3,4 \text{ м}; \delta_{13.3} = 1 \text{ м}$$

$$D_{13.3} = \frac{N_{13.3} \cdot f}{l_{13.3} \cdot \delta_{13.3}} = \frac{40 \cdot 0,1}{3,4 \cdot 1} = 1,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 13,5 \text{ м/мин}$, $V_n = 15 \text{ м/мин}$.

Рассчитываем время эвакуации на участке №13.3:

$$t_{13.3} = \frac{l_{13.3}}{v_{13.3}} = \frac{3,4}{15} = 0,23 \text{ мин}$$

Участок 13.4 – эвакуация через запасную дверь:

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{13.4} = 1$ м:

$$q_{d13.4} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{13.4} = 2,5 + 3,5 \cdot 1 = 6 \text{ м/мин}$$

$q_{d13.4} \leq q_{max} = 19,6$ м/мин, следовательно движение через эвакуационный дверной проем на участке 13.4 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №13.4:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{13.4}$ через дверной проем будет равной нулю.

Участок №14 эвакуация по центральной лестнице здания с 1 этажа через холл и главную дверь (слияние эвакуирующихся с 4, 3, 2 и 1 этажа). Участок №14 состоит из горизонтальных поверхностей и лестницы до эвакуационного выхода, следовательно расчет на этом участке состоит из 5-ти частей:

1 часть участка – движение по горизонтальной поверхности до холла:

$N_{14} = 41$ чел; $l_{14.1} = 1$ м; $\delta_{14.1} = 1,8$ м

$$D_{14.1} = \frac{N_{14.1} \cdot f}{l_{14.1} \cdot \delta_{14.1}} = \frac{41 \cdot 0,1}{1 \cdot 1,8} = 22,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 13,5$ м/мин, $V_n = 15$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №14.1:

$$t_{12.2} = \frac{l_{12.2}}{v_{12.2}} = \frac{1}{15} = 0,07 \text{ мин}$$

2 часть – дверной проем:

Интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{14.2} = 1,6$ м равняется:

$$q_{d14.2} = 8,5 \text{ м/мин}$$

движение через дверной проем на участке 14.2 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №14.2:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{14.2}$ через дверной проем будет равной нулю.

3 часть – движение через холл до лестницы со слианием эвакуирующихся с 1 этажа:

$$N_{14.3}=41 \text{ чел}; l_{14.3}=4 \text{ м}; \delta_{14.3}=8,6 \text{ м}$$

$$D_{14.3} = \frac{N_{14.3} \cdot f}{l_{14.3} \cdot \delta_{14.3}} = \frac{41 \cdot 0,1}{4 \cdot 8,6} = 0,12 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=8,8$ м/мин, $V_n=76$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №14.3:

$$t_{14.3} = \frac{l_{14.3}}{v_{14.3}} = \frac{4}{76} = 0,05 \text{ мин}$$

4 часть – движение по лестнице: $N_{14.4}=41$ чел; $l_{14.4}=1$ м; $\delta_{14.4}=5,8$ м

$$D_{14.4} = \frac{N_{14.4} \cdot f}{l_{14.4} \cdot \delta_{14.4}} = \frac{41 \cdot 0,1}{1 \cdot 5,8} = 0,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n=12,6$ м/мин, $V_n=18$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №14.4:

$$t_{14.4} = \frac{l_{14.4}}{v_{14.4}} = \frac{1}{18} = 0,055 \text{ мин}$$

5 часть – движение от лестницы до двери по холлу: $N_{14.5}=41$ чел; $l_{14.5}=3,3$ м; $\delta_{14.5}=8,9$ м

$$D_{14.5} = \frac{N_{14.5} \cdot f}{l_{14.5} \cdot \delta_{14.5}} = \frac{41 \cdot 0,1}{3,3 \cdot 8,9} = 0,14 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=9,6$ м/мин, $V_n=72$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №14.5:

$$t_{14.5} = \frac{l_{14.5}}{v_{14.5}} = \frac{3,3}{72} = 0,046 \text{ мин}$$

Участок №15 эвакуация через тамбур проходит через дверной проем, сам тамбур и главную дверь:

1 часть – дверной проем:

Интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{15.1} = 0,78$ м равняется:

$$q_{d15.1} = 2,5 + 3,5 * 0,78 = 5,23 \text{ м/мин}$$

движение через дверной проем на участке 15.1 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №15.1:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{15.1}$ через дверной проем будет равной нулю.

2 часть – движение через тамбур:

$N_{15} = 41$ чел; $l_{15.2} = 2,3$ м; $\delta_{15.2} = 2,1$ м:

$$D_{15.2} = \frac{N_{15.2} \cdot f}{l_{15.2} \cdot \delta_{15.2}} = \frac{41 \cdot 0,1}{2,3 \cdot 2,1} = 0,85 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_{н} = 14,4$ м/мин, $V_{н} = 17$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №15.2:

$$t_{15.2} = \frac{l_{15.2}}{v_{15.2}} = \frac{2,3}{17} = 0,14 \text{ мин}$$

3 часть – дверной проем главной двери:

Интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{15.3} = 0,78$ м равняется:

$$q_{d15.3} = 2,5 + 3,5 * 0,78 = 5,23 \text{ м/мин}$$

движение через дверной проем на участке 15.3 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №15.3:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{15.3}$ через дверной проем будет равной нулю.

Вычисляем общее расчетное время эвакуации (по формуле 1 Прил.А) людей с кабинета физиотерапии, находящегося на 3 этаже санатория профилактория ТПУ в случае развития пожара по сценарию №1:

$$\begin{aligned}
t_p &= t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12.1} + \\
&+ t_{12.2} + t_{12.3} + t_{13.1} + t_{13.2} + t_{13.3} + t_{13.4} + t_{14.1} + t_{14.2} + t_{14.3} + t_{14.4} + \\
&\quad + t_{14.5} + t_{15.1} + t_{15.2} + t_{15.3} = 0,11 + 0,09 + 0,175 + \\
&+ 0,098 + 0,068 + 0 + 0,14 + 0,12 + 0,13 + 0,13 + 0,11 + 0,13 + 0,11 + \\
&+ 0,17 + 0,125 + 0,23 + 0 + 0,07 + 0 + 0,05 + 0,055 + 0,046 + 0 + 0,14 + 0 = \\
&= 2,208 \text{ мин}
\end{aligned}$$

$t_p = 2,208$ мин – рассчитанная величина времени эвакуации для первого сценария развития пожара в кабинете физиотерапии.

3. Расчет времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара

Время блокирования рассчитывается по формуле 5 Прил.А:

$$t_{\text{бл}} = \min\{t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}}, t_{\text{кр}}^{\text{т}}, t_{\text{кр}}^{\text{т.г.}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{т.п.}}\}$$

Для расчета используются следующие исходные данные:

Зона расположения пожарной нагрузки – лечебный/процедурный кабинет

Длина кабинета – 5,44 м;

Ширина кабинета – 3,09 м;

Высота кабинета – 2,9 м;

Возгорание произошло при замыкании электрической сети.

3.1 Для расчета критического времени по повышенной температуре, в первую очередь рассчитываем параметры:

3.1.1 Свободный объем кабинета:

$$V = 0,8 \cdot V_{\text{кабинета}} = 0,8 \cdot 5,44 \cdot 3,09 \cdot 2,9 = 39 \text{ м}^3$$

3.1.2 Коэффициент полноты горения (формула 10 Прил.А):

$$\eta_a = 0,63 + 0,2 \cdot X_{\text{ох},0} + 1500 \cdot X_{\text{ох},0}^6 = 0,63 + 0,2 \cdot 0,21 + 1500 \cdot 0,21^6 = 0,8$$

3.1.3 Зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения размерный комплекс (формула 9.1 Прил.А):

$$B = \frac{353 \cdot c_p \cdot V}{(1 - \phi) \cdot \eta \cdot Q_n} = \frac{353 \cdot 1,054 \cdot 10^{-3} \cdot 39}{(1 - 0,55) \cdot 0,8 \cdot 14,4} = 2,8$$

3.1.4 Размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара (формула 13 Прил.А):

$$A = 1,05 \cdot \psi_{уд} \cdot v^2 = 1,05 \cdot 0,014 \cdot 0,015^2 = 3,3 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с}^n$$

3.1.5 Параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения:

Для начала рассчитываем высоту рабочей зоны (формула 12 Прил.А):

$$h = h_{пл} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta = 0 + 1,7 - 0,5 \cdot 0 = 1,7 \text{ м}$$

Параметр (формула 11 Прил.А):

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) = \frac{1,7}{2,9} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{2,9}\right) = 1,33$$

4. Рассчитываем критическое время по повышенной температуре (формула 6 Прил.А):

$$\begin{aligned} t_{кр}^T &= \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n} = t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n} = \\ &= \left\{ \frac{2,8}{3,3 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - 22}{(273 + 22) \cdot 1,33} \right] \right\}^{1/3} = 44,36 \text{ с} \end{aligned}$$

5. Рассчитываем критическое время по потере видимости (формула 7 Прил.А):

$$\begin{aligned} t_{кр}^{п.в.} &= \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \\ &= \left\{ \frac{2,8}{3,3 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[1 - \frac{39 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 2,8 \cdot 84 \cdot 1,33} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 23,72 \text{ с} \end{aligned}$$

6. Рассчитываем критическое время по пониженному содержанию кислорода (формула 7 Прил.А):

$$\begin{aligned} t_{кр}^{O_2} &= \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \\ &= \left\{ \frac{2,8}{3,3 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{2,8 \cdot 1,288}{39} + 0,27 \right) \cdot 1,33} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 41,7 \text{ с} \end{aligned}$$

7. Расчет времени по каждому из газообразных токсичных продуктов горения по формуле 9 Прил.А:

7.1 Расчет по угарному газу – СО:

$$t_{кр}^{Т.Г} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{2,8}{3,3 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[1 - \frac{39 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{2,8 \cdot 0,037 \cdot 1,33} \right]^{-1} \right\}^{1/3}$$
$$= 66,74 \text{ с}$$

7.2 Расчет по углекислому газу – CO₂:

$$t_{кр}^{Т.Г} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{2,8}{3,3 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[1 - \frac{39 \cdot 0,11}{2,8 \cdot 1,55 \cdot 1,33} \right]^{-1} \right\}^{1/3}$$
$$= 100,1 \text{ с}$$

8 В результате проведенных расчетов, минимальное время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара равняется:

$$t_{бл} = \min\{t_{кр}^{П.В.}, t_{кр}^T, t_{кр}^{Т.Г.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{Т.П.}\} = 23,72 \text{ с}$$

4. Расчет величин пожарного риска в санатории-профилактории ТПУ

4.1. Рассчитываем вероятность эвакуации людей из здания санатория-профилактория ТПУ по формуле 16 Прил.А:

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

Для этого, проверим какое из условий выполняется:

$$t_p = 2,208 \text{ мин}$$

$$t_{бл} = 23,72 \text{ с} = 0,395 \text{ мин}$$

$$t_{нэ} = 1 \text{ мин}$$

Скопление людей образовалось на 4-х участках 13.1, 13.2, 13.3, 14.1. Рассчитаем время существования скопления на всех участках по формуле 15 Прил.А:

$$t_{ск13.1} = \frac{40 \cdot 0,1}{13,5 \cdot 1} = 0,3 \text{ мин}$$

$$t_{ск13.2} = \frac{40 \cdot 0,1}{8 \cdot 1} = 0,5 \text{ мин}$$

$$t_{ск13.3} = \frac{40 \cdot 0,1}{13,5 \cdot 1} = 0,3 \text{ мин}$$

$$t_{ск14.1} = \frac{41 \cdot 0,1}{13,5 \cdot 1,8} = 0,17 \text{ мин}$$

Общее время скопления людей при эвакуации:

$$t_{ск} = 0,3 + 0,5 + 0,3 + 0,17 = 1,27 \text{ мин}$$

$$t_p = 3,137 > 0,8 \cdot t_{бл} = 0,316, \text{ то } P_э = 0.$$

4.2. Рассчитываем вероятность присутствия людей в здании по формуле 19 Прил.А:

$$P_{пр} = \frac{t_{функц}}{24} = \frac{10}{24} = 0,42$$

4.3. Определяем коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре по формуле 17 Прил.А:

$$K_{п.з.} = 1 - (1 - K_{обн} \cdot K_{СОУЭ}) \cdot (1 - K_{обн} \cdot K_{ПДЗ}) =$$

$$= 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0) = 0,64$$

4.4. Рассчитываем величину индивидуального пожарного риска для 1 сценария пожара по формуле 18 Прил.А:

$$Q_{в.1} = Q_{п} \cdot (1 - K_{ап}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_э) \cdot (1 - K_{п.з.}) = 8,8 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0,9) \cdot 0,42$$

$$\cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0,64) = 0,13 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

Таблица 2 - Результаты расчетов по 1 сценарию, кабинет физиотерапии

$t_{нэ}$, МИН	t_p , МИН	$t_{бл}$, МИН	$t_{ск}$, МИН	$P_э$	$P_{пр}$	$K_{п.з.}$	$Q_{в.1}$, ГОД ⁻¹
1	2,208	0,395	1,27	0	0,42	0,64	$0,13 \cdot 10^{-5}$

Расчеты, произведенные для 2,3,4 сценариев, были выполнены в аналогичном порядке, подробное проведение расчетов представлено в Приложении В

4.2 Расчет величины индивидуального пожарного риска по сценарию 2

В сценарии 2 пожар произошел в кабинете терапевта на 3 этаже санатория профилактория из-за замыкания в электрической сети. Местоположение очага пожара способствует быстрому распространению ОФП с последующим блокированием эвакуационных выходов.

Количество людей, находящихся в эвакуируемом кабинете – 2 человека.

Все участки пути по первому сценарию разобьём на 9 крупных участков при эвакуации (Приложение Б, рисунки Б2.1.-Б2.3).

Зона расположения пожарной нагрузки – кабинет врача

Длина кабинета – 5,48 м;

Ширина кабинета – 2,57 м;

Высота кабинета – 2,9 м;

Возгорание произошло при замыкании электрической сети.

Полученные расчетные данные представлены в таблицах 3 и 4.

Таблица 3 – Результаты расчета времени эвакуации в сценарии 2

Номер участка	Количество людей на участке N_i , чел	Длина участка l_i , м	Ширина участка δ_i , м	Средняя площадь проекции человека f , м ² /чел	Плотность потока людей D_i , м ² /м ²	Интенсивность движения потока людей q_{ni} , м/мин	Скорость потока людей V_{ni} , м/мин	Время эвакуации на участке t_i , мин
1	23	30,8	1,8	0,1	0,04	4	100	0,31
2	28	6,86	1,98	0,1	0,20	12	60	0,11
3	15	17,5	1,93	0,1	0,04	4	100	0,175
4	43	0	1,4	-	-	7,4	-	0
5	50	13,6	4,25	0,1	0,09	8,6	96	0,14
6	82	13,6	4,25	0,1	0,14	11,1	84	0,16
7.1	36	4,2	2	0,1	0,43	15,9	37	0,11
7.2	36	11,6	2,55	0,1	0,12	15,9	38	0,31
7.3	36	4,8	2	0,1	0,38	15,9	42	0,11
8.1	50	1	1,8	0,1	2,8	13,5	15	0,07
8.2	50	0	-	-	-	8,2	-	0
8.3	56	4	8,6	0,1	0,16	10,4	68	0,06
8.4	56	1	5,8	0,1	0,97	7,2	8	0,125
8.5	56	3,3	8,9	0,1	0,19	11,6	62	0,05
9.1	56	0	-	-	-	5,23	-	0
9.2	56	2,3	2,1	0,1	1,16	13,5	15	0,15
9.3	56	0	-	-	-	5,23	-	0

Таблица 4 – Результаты расчета показателей для определения индивидуального пожарного риска по сценарию 2

Показатель	Значение
Общее расчетное время эвакуации t_p , мин	1,88
Свободный объем кабинета V , м ³	33
Коэффициент полноты горения η_a	0,8
Зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения размерный комплекс B	2,45
Размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара A , кг/с ⁿ	$3,7 \cdot 10^{-7}$
Высота рабочей зоны h , м	1,7
Параметр z	1,33
Критическое время по повышенной температуре $t_{кр}^T$, с	84,7
Критическое время по потере видимости $t_{кр}^{П.В.}$, с	55,85
Критическое время по пониженному содержанию кислорода $t_{кр}^{O_2}$, с	81,46
Время блокирования эвакуационных путей угарным газом – CO $t_{кр}^{CO}$, с	141,48
Время блокирования эвакуационных путей углекислым газом – CO ₂ $t_{кр}^{CO_2}$, с	199,19
Минимальное время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара $t_{бл}$, с	55,85
Общее время скопления людей при эвакуации $t_{ск}$, мин	0,86
Вероятность эвакуации людей из здания	0
Вероятность присутствия людей в здании $P_{пр}$	0,42
Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре $K_{п.з.}$	0,64
Величина индивидуального пожарного риска для 2 сценария пожара $Q_{в.2}$, год ⁻¹	$0,13 \cdot 10^{-5}$

4.3 Расчет величины индивидуального пожарного риска по сценарию 3

В сценарии 3 пожар произошел в кабинете директора – главного врача на 2 этаже санатория профилактория из-за замыкания в электрической сети. Пламя распространяется по офисной мебели и оргтехнике (дерево, ДСП, хлопок, поролон, пластик).

Количество людей, находящихся в эвакуируемом кабинете – 1 человек.

Все участки пути по первому сценарию разобьём на 13 крупных участков при эвакуации (Приложение Б, рисунки Б3.1.-Б3.2).

Зона расположения пожарной нагрузки – кабинет врача

Длина кабинета – 5,75 м;

Ширина кабинета – 6,14 м;

Высота кабинета – 2,9 м;

Возгорание произошло при замыкании электрической сети.

Полученные расчетные данные представлены в таблицах 5 и 6.

Таблица 5 – Результаты расчета времени эвакуации в сценарии 3

Номер участка	Количество людей на участке N_i , чел	Длина участка l_i , м	Ширина участка δ_i , м	Средняя площадь проекции человека f , м ² /чел	Плотность потока людей D_i , м ² /м ²	Интенсивность движения потока людей q_{ni} , м/мин	Скорость потока людей V_{ni} , м/мин	Время эвакуации на участке t_i , мин
1	2	7	1,8	0,1	0,02	2	100	0,07
2	11	6,96	1,98	0,1	0,08	6,8	88	0,08
3	13	17,5	1,93	0,1	0,04	4	100	0,175
4	24	0	1,4	0,1	-	7,4	-	0
5	60	13,6	4,25	0,1	0,1	8	80	0,17
6	7	13	1,8	0,1	0,3	14,1	47	0,28
7	4	6,8	1,8	0,1	0,03	5	100	0,068
8	11	0	0,9	0,1	-	5,65	-	0
9	19	11,6	2,55	0,1	0,06	5,9	99	0,12
10.1	19	2,5	1	0,1	0,76	20,6	15,6	0,16
10.2	19	1	1,2	0,1	1,5	7,2	8	0,125
10.3	19	3,4	1	0,1	0,56	16,38	30	0,11
10.4	19	0	1	0,1	-	6	-	0
11.1	24	4,2	2	0,1	0,29	13,9	48	0,09
11.2	24	11,6	2,55	0,1	0,08	6,8	88	0,13
11.3	24	4,8	2	0,1	0,25	13	43,5	0,11
12.1	36	1	1,8	0,1	2	13,5	15	0,07
12.2	36	0	1,6	0,1	-	8,1	-	0
12.3	43	4	8,6	0,1	0,13	9,2	74	0,05
12.4	43	1	5,8	0,1	0,74	11,7	16	0,06
12.5	43	3,3	8,9	0,1	0,15	11	70	0,05
13.1	43	0	0,78	0,1	-	5,23	-	0
13.2	43	2,3	2,1	0,1	0,89	14	15,4	0,15
13.3	43	0	0,78	0,1	-	5,23	-	0

Таблица 6 – Результаты расчета показателей для определения индивидуального пожарного риска по сценарию 3

Показатель	Значение
Время начала эвакуации $t_{нэ}$, мин	1
Общее расчетное время эвакуации t_p , мин	2,068
Свободный объем кабинета V , м ³	88
Коэффициент полноты горения η_a	0,8
Зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения размерный комплекс B	6,05
Размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара A , кг/с ⁿ	$3,7 \cdot 10^{-7}$
Высота рабочей зоны h , м	1,7
Параметр z	1,3
Критическое время по повышенной температуре $t_{кр}^T$, с	117,77
Критическое время по потере видимости $t_{кр}^{П.В.}$, с	75,4
Критическое время по пониженному содержанию кислорода $t_{кр}^{O_2}$, с	109,82
Время блокирования эвакуационных путей угарным газом – CO $t_{кр}^{CO}$, с	191,16
Время блокирования эвакуационных путей углекислым газом – CO ₂ $t_{кр}^{CO_2}$, с	269,65
Минимальное время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара $t_{бл}$, с	75,4
Общее время скопления людей при эвакуации $t_{ск}$, мин	1,72
Вероятность эвакуации людей из здания	0
Вероятность присутствия людей в здании $P_{пр}$	0,42
Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре $K_{п.з.}$	0,64
Величина индивидуального пожарного риска для 3 сценария пожара $Q_{в.3}$, год ⁻¹	$0,13 \cdot 10^{-5}$

4.4 Расчет величины индивидуального пожарного риска по сценарию 4

В сценарии 4 пожар произошел в гардеробе на 1 этаже санатория профилактория из-за замыкания в электрической сети. Пламя распространяется по тканям и имеющейся мебели.

Количество людей, находящихся в эвакуируемом помещении – 1 человек.

Все участки пути по первому сценарию разобьем на 6 крупных участков при эвакуации (Приложение Б, рисунок Б4.1-Б4.2).

Зона расположения пожарной нагрузки – гардероб

Длина кабинета – 5,75 м;

Ширина кабинета – 6,14 м;

Высота кабинета – 2,9 м;

Возгорание произошло при замыкании электрической сети.

Полученные расчетные данные представлены в таблицах 7 и 8.

Таблица 7 – Результаты расчета времени эвакуации в сценарии 4

Номер участка	Количество людей на участке N_i , чел	Длина участка l_i , м	Ширина участка δ_i , м	Средняя площадь проекции человека f , м ² /чел	Плотность потока людей D_i , м ² /м ²	Интенсивность движения потока людей q_{ni} , м/мин	Скорость потока людей V_{ni} , м/мин	Время эвакуации на участке t_i , мин
1.1	1	2,2	2	0,1	0,05	5	100	0,022
1.2	1	1	2	0,1	0,1	5,3	53	0,019
1.3	1	3	2	0,1	0,02	2	100	0,03
1.4	1	0	0,8	0,1	-	5,3	-	0
1.5	1	4	3,2	0,1	0,01	1	100	0,04
2	2	1,8	2,8	0,1	0,04	4	100	0,018
3.1	3	1,8	3	0,1	0,06	5,03	99,8	0,018
3.2	3	1,8	3	0,1	0,02	2	100	0,04
3.3	3	0	0,78	0,1	-	5,23	-	0
3.4	5	2,3	2,1	0,1	0,1	8	80	0,029
3.5	5	0	0,78	0,1	-	5,23	-	0
4.1	55	10	1,8	0,1	0,3	14,1	47	0,21
4.2	55	0	1,3	0,1	-	7,05	-	0
4.3	55	3,4	3,24	0,1	0,5	16,5	33	0,3
4.4	55	0	1,9	0,1	-	9,15	-	0
4.5	55	3	3,2	0,1	0,57	16,36	29,5	0,1
5.1	8	3,6	1,8	0,1	0,12	8,8	76	0,05
5.2	8	0	1,5	0,1	-	7,75	-	0
5.3	8	2,5	1,8	0,1	0,18	11,2	64	0,04
5.4	8	0	0,9	0,1	-	5,65	-	0
5.5	13	1,2	1,2	0,1	0,9	13,5	15	0,08
5.6	13	1	1,2	0,1	1,08	7,2	8	0,125

Продолжение таблицы 7

5.7	13	3,4	1,2	0,1	0,32	14,5	45,6	0,075
5.8	13	0	1	0,1	-	6	-	0
6.1	18	0	1,6	0,1	-	8,2	-	0
6.2	73	4,2	2	0,1	0,89	13,7	15,4	0,27
6.3	73	1,2	2	0,1	3	7,2	8	0,15
6.4	73	4,2	2	0,1	0,87	14	16,2	0,25
6.5	73	0	1,2	0,1	-	8,2	-	0
5.5.1	32	1,2	1,2	0,1	2,2	13,5	15	0,08
5.6.1	32	1	1,2	0,1	2,7	7,2	8	0,125
5.7.1	32	3,4	1,2	0,1	0,78	14,5	45,6	0,075
5.8.1	32	0	1	0,1	-	6	-	0
6.2.1	53	4,2	2	0,1	0,63	16,24	26,5	0,16
6.3.1	53	1,2	2	0,1	2,2	7,2	8	0,15
6.4.1	53	4,2	2	0,1	0,63	16,24	26,5	0,15
6.5.1	53	0	1,2	0,1	-	8,2	-	0

Таблица 8 – Результаты расчета показателей для определения индивидуального пожарного риска по сценарию 4

Показатель	Значение
Общее расчетное время эвакуации t_p , мин	2,67
Свободный объем кабинета V , м ³	75
Коэффициент полноты горения η_a	0,8
Зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения размерный комплекс B	4,64
Размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара A , кг/с ⁿ	$9,4 \cdot 10^{-4}$
Высота рабочей зоны h , м	1,7
Параметр z	0,96

Продолжение таблицы 8

Критическое время по повышенной температуре $t_{кр}^T$, с	77,46
Критическое время по потере видимости $t_{кр}^{П.В.}$, с	13,84
Критическое время по пониженному содержанию кислорода $t_{кр}^{O_2}$, с	23,64
Время блокирования эвакуационных путей угарным газом – CO $t_{кр}^{CO}$, с	62,13
Время блокирования эвакуационных путей углекислым газом – CO ₂ $t_{кр}^{CO_2}$, с	-
Минимальное время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара $t_{бл}$, с	13,84
Общее время скопления людей при эвакуации $t_{ск}$, мин	7,99
Вероятность эвакуации людей из здания	0
Вероятность присутствия людей в здании $P_{пр}$	0,42
Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре $K_{п.з.}$	0,64
Величина индивидуального пожарного риска для 4 сценария пожара $Q_{в.4}$, год ⁻¹	$0,13 \cdot 10^{-5}$

Выводы: Рассчитанная величина индивидуального пожарного риска в здании санатория-профилактория ТПУ превышает допустимое значение, $0,13 \cdot 10^{-5} > 10^{-6} \text{ год}^{-1}$ (Прил.А формула 20).

В соответствии со ч. 4 ст. 4 ФЗ-123, в отношении объектов защиты, которые были введены в эксплуатацию до дня вступления в силу соответствующих действующих требований, новые нормы применяться не могут. Но для снижения опасности во время возникновения пожара следует разработать мероприятия по пожарной безопасности.

5 МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОЖАРНОГО РИСКА В САНАТОРИИ-ПРОФИЛАКТОРИИ ТПУ

Результаты расчетов пожарных рисков в здании санатория профилактория ТПУ превышают допустимую норму, значит следует провести мероприятия по снижению этого показателя. С помощью реализации предложенных мероприятий возможно снижение вероятности возникновения пожара и скорости реагирования при возникшей опасности:

1) Установка системы пожарной сигнализации, предназначенной для обеспечения дублирования сигналов о пожаре на пульт подразделения пожарной охраны без участия работников объекта.

2) Усовершенствование и увеличение количества звуковых и речевых пожарных извещателей для увеличения их мощности и обеспечения уровня звука во всех помещениях постоянного или временного пребывания. Уровень звука должен быть не менее чем на 15 дБА выше постоянного шума в защищаемом помещении, а также не менее 70 дБа.

3) Обеспечить здание аварийным освещением, для эффективной и быстрой эвакуации людей при пожаре, с освещенностью на горизонтальной поверхности по оси прохода не менее – 1 лк; по проходу – не менее 0,5 лк; перед эвакуационными выходами, в местах с противопожарным оборудованием и размещением планов эвакуации – не менее 5 лк.

4) Обеспечить объект защиты огнетушителями по нормам согласно пунктам 468 и 474 Правил противопожарного режима и приложениям № 1 и 2. А именно, установка и эксплуатация огнетушителей с рангом тушения модельного очага 2А, в то время как на объекте применяются углекислотные огнетушители, не обеспечивающие возможность тушения пожаров класса «А» (твердые горючие вещества).

5) Обеспечить расположение огнетушителей в доступности на видных местах, а не в закрытых на механические замки кабинетах.

6) Провести ремонт и применить негорючие отделочные строительные материалы, поскольку в здании применены отделочные материалы с неустановленными показателями пожарной опасности.

7) Контроль и надзор сотрудниками санатория-профилактория при работе с электроустановками и легковоспламеняющимися жидкостями.

8) Руководитель объекта должен разработать инструкцию, определяющую действия персонала, с целью безопасной и быстрой эвакуации людей.

9) Проводить 1 раз в 6 месяцев тренировки по эвакуации.

Объекты защиты, построенные и введенные в эксплуатацию в середине 20 века, всегда будут иметь риск возникновения чрезвычайной ситуации. Новые вводимые требования по пожарной безопасности разрабатываются для снижения вероятности возникновения пожара. Применение разработок на объектах защиты с постоянным пребыванием людей является обязательным.

6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа заключается в разработке мероприятий по повышению безопасности в лечебно-профилактических учреждениях на основе анализа причин пожаров и основных нарушений, выявляемых при проведении пожарного надзора. Исходя из этого можно выделить потенциальных потребителей результатов исследования, это Национальный исследовательский Томский политехнический университет, МЧС России по Томской области, администрация г. Томска.

Пожары, возникающие в лечебно-профилактических учреждениях, имеют повышенную опасность, в связи с высоким уровнем распространения и возникновением угрозы здоровья пациентов. Пламя распространяется очень быстро, из одного кабинета в другой, помимо огня, переносятся продукты горения, поэтому пожары влекут за собой внушительные потери.

Задачами, обеспечивающими реализацию поставленной цели, являются: определение потенциальных потребителей результатов исследования, выполнение SWOT-анализа, составление структуры работ в рамках научного исследования, определения трудоемкости выполнения работ, разработку графика проведения научного исследования, составление бюджета НИИ, а также определение социальной и экономической эффективности исследования.

Объектом исследования является санаторий-профилакторий НИ ТПУ г. Томска, возможные пожароопасные ситуации, тушение пожара и риски, возникающие при эвакуации людей. Предмет исследования пожарные и социальные риски при возникновении ЧС

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

6.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Так как потенциальными потребителями результатов исследования являются НИ ТПУ, МЧС России по Томской области, проведем сегментирование рынка услуги организации для обработки пожарных рисков и принятия соответствующих мер, по критериям: виды организаций – масштаб организаций.

Таблица 9 – Сегментирование рынка услуги организаций

		Виды организаций	
		МЧС России по Томской области	НИ ТПУ
Масштаб организаций	малый		
	средний		
	крупный		

Как видно из карты сегментирования, спрос присутствует во всех организациях, так как за обеспечение пожарной безопасности здания санатория-профилактория ТПУ совместно отвечают НИ ТПУ и МЧС России по Томской области независимо от масштаба организации.

6.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Оценка коммерческой ценности работы является необходимым условием для поиска источников финансирования проведения научного исследования.

Для достижения цели проводятся следующие мероприятия:

1. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям;
2. Планирование научно-исследовательских работ;
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Оценкой пожарного риска объекта защиты занимается много различных организаций, при этом рассчитать его можно самостоятельно, используя методику, либо воспользовавшись специальной программой для расчета.

Для проведения оценки конкурентоспособности разработки методом балльной оценки используется балльная шкала, с помощью которой оцениваются факторы конкурентоспособности.

Для оценки конкурентных способов была выбрана шкала от 1 до 5, где: 1 – наиболее слабая позиция, 5 – наиболее сильная позиция.

В таблице 10 представлен анализ конкурентных технических решений. Таблица 10 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б ₁	Б ₂	К _ф	К ₁	К ₂
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надежность	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,5
2. Безопасность	0,1	5	5	4	0,5	0,5	0,4
3. Удобство в эксплуатации	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
4. Простота эксплуатации	0,15	4	3	4	0,6	0,45	0,6
5. Объемы производства	0,1	5	3	4	0,5	0,3	0,4
7. Визуальное представление результатов	0,1	4	5	4	0,4	0,5	0,4
8. Повышение производительности труда пользователя	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
9. Цена	0,15	3	1	2	0,45	0,15	0,3
10. Уровень проникновения на рынок	0,1	4	2	4	0,4	0,2	0,4
Итого	1	36	32	35	3,95	3,4	3,9

Б_ф – балльная оценка расчета пожарный рисков и проведение мероприятий по снижению риска, Б₁ — балльная оценка проведения тестирования и улучшения работы системы противопожарной защиты, Б₂ — балльная оценка требований по оснащению помещений средствами пожаротушения, К_ф, К₁, К₂ – анализ конкурентных технических решений.

Согласно данным, представленным в таблице, можно сделать вывод, что расчет оценки пожарного риска и проведение мероприятий по снижению риска объекта является более целесообразным, так как при выявлении всех проблем по пожарной безопасности и их решении будет эффективно снижение рисков пожара. Его конкурентоспособность находится на отметке высоких показателей, суммарный балл равен 3,95.

6.1.3 Технология QuaD

Технология QuaD представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект. Для определения перспективности научного исследования рационально составить оценочную карту для оценки расчета пожарных рисков.

Таблица 11 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность	0,1	80	100	0,8	0,08
2. Безопасность	0,1	100	100	1	0,1
3. Удобство в эксплуатации	0,1	60	100	0,6	0,06
4. Простота эксплуатации	0,15	80	100	0,8	0,12
5. Объемы производства	0,1	100	100	0,1	0,1
6. Визуальное представление результатов	0,1	80	100	0,8	0,08
7. Повышение производительности труда пользователя	0,1	80	100	0,8	0,08

Продолжение таблицы 11

Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
8. Цена	0,15	60	100	0,6	0,09
9. Уровень проникновения на рынок	0,1	30	100	0,3	0,03
Итого	1			6,7	0,74

В данной работе средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки получилось 74, что говорит о перспективности выше среднего.

6.1.4 SWOT-анализ

SWOT анализ – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 12 – Матрица SWOT

<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Простота и доступность в использовании.</p> <p>С2. Совершенствования организационно-тактических и технических возможностей пожарных подразделений.</p> <p>С3. Более низкая стоимость расчетов в сравнении с другими фирмами, занимающимися оценкой пожароопасности зданий.</p> <p>С4. Легко применяемые методики для расчетов пожарного риска, времени эвакуации и распространения ОФП.</p> <p>С5. Практическая отработка начальствующим и рядовым составом всех вопросов организации и тактики тушения пожара на конкретном объекте.</p> <p>С6. Проект имеет минимальные затраты на разработку.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Присутствие погрешности при расчетах.</p> <p>Сл2. Возможное неверное воспроизведение методики при расчетах.</p> <p>Сл3. Спорные вопросы о положительных и отрицательных сторонах предлагаемых методик для расчетов.</p> <p>Сл4. Большие временные затраты на полноценный расчет и выводы по расчетам.</p> <p>Сл5. Учет только основных рекомендаций.</p> <p>Сл6. Многократная смена требований нормативно-технической документации.</p>
--	---

Продолжение таблицы 12

<p>Возможности:</p> <p>В1. Проведение практических пожарных учений.</p> <p>В2. Повышение уровня пожарной безопасности на объекте.</p> <p>В3. Повышение практических навыков в области тактики тушения пожаров.</p> <p>В4. Рекомендаций по повышению навыков действий в ЧС у персонала.</p> <p>В5. Создание планов эвакуации из здания исходя из расчетов и рекомендаций.</p> <p>В6. Расчет необходимых сил и средств для привлечения к ликвидации пожара.</p>	<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на предлагаемые методики в связи с имеющимися программами для расчетов пожарных рисков и времени эвакуации.</p> <p>У2. Конкуренция со стороны фирм, занимающихся вопросами пожарной безопасности зданий.</p> <p>У3. Отсутствие финансирования разработки проекта со стороны государства</p> <p>У4. Введения дополнительных государственных требований в области пожарной безопасности.</p> <p>У5. Общий низкий уровень подготовки личного состава и руководства в области пожаротушения.</p> <p>У6. Дальнейшее развитие информационных технологий в области пожарной безопасности.</p>
--	---

2 этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон проекта для определения необходимости проведения стратегических изменений.

Таблица 13 – Интерактивная матрица проекта соотношения сильных сторон к возможностям проекта

		Сильные стороны проекта					
		С1	С2	С3	С4	С5	С6
Возможности проекта	В1	+	+	+	0	+	+
	В2	0	+	+	+	+	+
	В3	-	+	0	0	+	+
	В4	+	+	0	-	0	+
	В5	+	0	+	+	0	+
	В6	+	0	+	+	0	+

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта соотношения слабых сторон к возможностям проекта

		Слабые стороны проекта					
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
Возможности проекта	В1	-	-	0	-	-	-
	В2	0	0	-	0	+	+
	В3	0	-	0	-	-	-
	В4	0	0	0	-	+	-
	В5	-	0	-	+	+	-
	В6	-	-	0	+	+	-

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта соотношения сильных сторон к угрозам проекта

		Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	У1	0	+	+	0	0	+
	У2	+	+	+	+	+	+
	У3	0	0	+	+	–	+
	У4	+	+	0	+	+	0
	У5	0	+	0	0	+	+
	У6	–	+	+	+	0	0

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта соотношения слабых сторон к угрозам проекта

		Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
	У1	–	–	–	0	0	0
	У2	–	–	0	–	0	+
	У3	–	–	–	0	0	0
	У4	+	+	+	–	–	+
	У5	0	0	0	0	–	–
	У6	–	0	0	–	0	+

При анализе данных интерактивных таблиц можно выявить следующие коррелирующие:

- сильных сторон и возможностей: В1С1С2С3С5С6, В2С2С3С4С5С6, В3С2С5С6, В4С1С2С6, В5С1С3С4С6, В6В6С1С3С4С6;
- слабых сторон и возможностей: В2Сл5Сл6, В4Сл5, В5Сл4Сл5, В6Сл4Сл5;
- сильных сторон и угроз: У1С2С3С6, У2С1С2С3С4С5С6, У3С3С4С6, У4С1С2С4С5, У5С2С5С6, У6С2С3С4;
- слабых сторон и угроз: У2Сл6, У4Сл1Сл2Сл3Сл6, У6Сл6.

Таблица 17 – Итоговая матрица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота и доступность в использовании. С2. Совершенствования организационно-тактических и технических возможностей пожарных подразделений.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Присутствие погрешности при расчетах. Сл2. Возможное неверное воспроизведение методики при расчетах.</p>
--	--	---

Продолжение таблицы 17

	<p>С3. Более низкая стоимость расчетов в сравнении с другими фирмами, занимающимися оценкой пожароопасности зданий.</p> <p>С4. Легко применяемые методики для расчетов пожарного риска, времени эвакуации и распространения ОФП.</p> <p>С5. Практическая отработка начальствующим и рядовым составом всех вопросов организации и тактики тушения пожара на конкретном объекте.</p> <p>С6. Проект имеет минимальные затраты на разработку.</p>	<p>Сл3. Спорные вопросы о положительных и отрицательных сторонах предлагаемых методик для расчетов.</p> <p>Сл4. Большие временные затраты на полноценный расчет и выводы по расчетам.</p> <p>Сл5. Учет только основных рекомендаций.</p> <p>Сл6. Многократная смена требований нормативно-технической документации.</p>
<p>Возможности:</p> <p>В1. Проведение практических пожарных учений.</p> <p>В2. Повышение уровня пожарной безопасности на объекте.</p> <p>В3. Повышение практических навыков в области тактики тушения пожаров.</p> <p>В4. Рекомендаций по повышению навыков действий в ЧС у персонала.</p> <p>В5. Создание планов эвакуации из здания исходя из расчетов и рекомендаций.</p> <p>В6. Расчет необходимых сил и средств для привлечения к ликвидации пожара.</p>	<p>- План проведение практических пожарных учений – простота и доступность в использовании, совершенствование навыков пожарных спасателей в результате практической отработки. Как следствие – повышение уровня пожарной безопасности. Минимальные затраты на разработку, установленное количество необходимой спасательной техники для спасения и тушения пожара.</p>	<p>- Повышение уровня пожарной безопасности связано с большими временными затратами для повсеместного введения. Необходимы денежные затраты со стороны государства и со стороны администрации рассматриваемого объекта.</p>
<p>Угрозы:</p> <p>У1. Отсутствие спроса на предлагаемые методики в связи с имеющимися программами для расчетов пожарных рисков и времени эвакуации.</p> <p>У2. Конкуренция со стороны фирм, занимающихся вопросами пожарной безопасности зданий.</p>	<p>- Возможное изменение требований государственных стандартов – совершенствование навыков пожарных спасателей. С развитием информационных технологий появляется возможность моделирования пожаров в зданиях и проработка сценария локализации и ликвидации пожара.</p>	<p>- Возможна конкуренция со стороны фирм, занимающихся разработкой и изготовлением планов эвакуации, расчетами пожарных рисков и времени эвакуации, однако, с учетом введения новых требований необходимы денежные средства на реализацию всех нормативов..</p>

Продолжение таблицы 17

<p>У3. Отсутствие финансирования разработчика проекта со стороны государства.</p> <p>У4. Введения дополнительных государственных требований в области пожарной безопасности.</p> <p>У5. Общий низкий уровень подготовки личного состава и руководства в области пожаротушения.</p> <p>У6. Дальнейшее развитие информационных технологий в области пожарной безопасности.</p>		На данный момент существует множество споров эффективности и качества существующим методикам
--	--	--

Проанализировав полученную матрицу проекта, мы можем наблюдать, что исследование, рассмотренное в данной работе, имеет положительные стороны – стоимость проекта, простота и доступность в использовании.

Но и как другие проекты, данная работа тоже имеет свои минусы, одним из таких существенных минусов – является конкуренция со стороны фирм, занимающихся разработкой и изготовлением планов эвакуации, расчетами пожарных рисков и времени эвакуации, а также необходимость в денежных затратах при повышении уровня пожарной безопасности связано с большими временными затратами для повсеместного введения. Но данные минусы проекта не должны стать большим препятствием в реализации, так как неготовность к чрезвычайным ситуациям составит больший ущерб, чем затраты на обеспечение безопасности, тем более речь идет о безопасности сотрудников и студентов, а также имущества самого учреждения.

6.2 Определение возможных альтернатив проведения научных исследований

Любое лечебно-профилактическое учреждение является объектом повышенной пожарной опасности — и эта опасность сочетается с постоянным

присутствием большого количества людей, часть из которых находится на процедурах и во время возникновения пожара эвакуируется позже остальных.

Возгорание может произойти практически в любом помещении санатория-профилактория, где могут находиться люди – от жилых комнат до подсобных помещений. Кроме того, в рассматриваемом учреждении есть кухня, где готовят еду проходящим лечение и проживающим людям — кухонное оборудование, по статистике является причиной до 40% пожаров. Также основной причиной возгорания является «человеческий фактор», приводящий к различным причинам возгораний. При выявлении нарушений требований ПБ на объекте появляется возможность своевременно устранить недочеты и провести мероприятия, направленные на снижение пожарного риска и устранение возможных печальных последствий пожара.

Для выбора наиболее желательных теоретически возможных решений проблем возгорания была составлена морфологическая таблица 18:

Таблица 18 – Морфологическая матрица для причин возникновения возгорания в санатории-профилактории ТПУ

	1	2	3
А. Замыкание электро-проводке	Использовать заземление при прокладке кабелей и проводов	Устанавливать распределительные щитки	Выключение электроустановок и электронагревательных приборов
Б. Неправильная эксплуатация кухонного оборудования	Персонал должен контролировать наличие пыли и жира на поверхности	Следить за перегревом электрической плиты	Следить за расположением электропроводов, тканевых предметов вдали от нагреваемых поверхностей
В. «Человеческий фактор»	Регулярное проведение инструктажа по пожарной безопасности для сотрудников санатория-профилактория	Соблюдение требований пожарной безопасности сотрудниками при проведении работ с электроустановкам и химическими веществами	Соблюдение правил безопасности при обращении с огнем и курении

Варианты решения задачи следующие:

1) АЗБ2В2 – для снижения риска возгорания электрических приборов целесообразно следить за выключением электроустановок и электронагревательных приборов, контролировать перегрев кухонной электрической плиты, и в обязательном порядке соблюдать требования пожарной безопасности сотрудниками санатория-профилактория ТПУ;

2) А2Б3В3 – устанавливать распределительные щитки, следить за расположением электропроводов, тканевых предметов вдали от нагреваемых поверхностей и соблюдать правила безопасности при обращении с огнем и курении;

3) А1Б1В1 – требуется использовать заземление при прокладке кабелей и проводов, персонал на кухне в свою очередь должен контролировать наличие пыли и жира на поверхности оборудования, и все сотрудники должны регулярно проходить инструктаж по пожарной безопасности.

6.3 Планирование научно-исследовательских работ

6.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

1. Определение структуры работ в рамках научного исследования.
2. Определение участников каждой работы.
3. Установление продолжительности работ.
4. Построение графика проведения научных исследований.

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

Для выполнения научного исследования сформировалась рабочая группа, в состав которой вошли научный руководитель и выпускаемый студент. Были распределены соответствующие обязанности исполнителей.

Порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор и утверждение темы	Научный руководитель, студент
Выбор направления исследований	2	Составление технического задания и плана исследований	Научный руководитель, студент
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Студент
Теоретические и практические исследования	4	Обработка, анализ и систематизация теоретических материалов по теме	Студент
	5	Согласование и оформление теоретической части ВКР	Научный руководитель, студент
	6	Подбор материалов для практической части исследования	Студент
	7	Проведение расчетов	Студент
	8	Анализ полученных результатов	Студент
	9	Оформление практической части исследования	Студент
Оформление ВКР	10	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Студент
	11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Студент
	12	Оформление ВКР и согласование результатов с руководителем	Научный руководитель, студент

6.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

6.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобной и наглядной формой представления графика проведения научных работ является диаграмма Ганта. Она представляет собой горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме изображаются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа. Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу (табл. 20).

Согласно данным производственного и налогового календаря на 2020 год, количество календарных дней составляет 366 дней, количество выходных и праздничных дней (с учетом выходных, связанных с пандемией коронавируса) – 145 дней, таким образом:

$$k_{\text{кал}} = \frac{366}{366 - 145} = 1,66$$

Таблица 20 – Временные показатели проведения научного исследования

Название Работы	Трудоёмкость работ									Исполнители	Длительность работ в рабочих днях T_{pi}			Длительность работ в календарных днях T_{ki}		
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел-дни			$t_{ож i}$, чел-дни				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3							
Выбор и утверждение темы	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Научный руководитель, студент	0,5	0,5	0,5	1	1	1
Составление технического задания и плана исследований	1	1	1	1	1	1	1	1	1	Научный руководитель, студент	0,5	0,5	0,5	1	1	1
Подбор и изучение материалов по теме	7	7	5	12	12	8	9	9	6,2	Студент	9	9	6,2	15	15	11
Обработка, анализ и систематизация теоретических материалов по теме	3	3	3	5	5	5	3,8	3,8	3,8	Студент	3,8	3,8	3,8	6	6	6
Согласование и оформление теоретической части ВКР	2	2	2	5	5	5	3,2	3,2	3,2	Научный руководитель, студент	1,6	1,6	1,6	3	3	3
Подбор материалов для практической части исследования	5	5	3	7	5	5	5,8	5	3,8	Студент	5,8	5	3,8	10	9	6
Проведение расчетов	6	3	3	8	5	5	6,8	3,8	3,8	Студент	6,8	3,8	3,8	12	6	6
Анализ полученных результатов	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Студент	2,4	2,4	2,4	4	4	4
Оформление практической части исследования	4	2	2	7	5	5	5,2	3,2	3,2	Студент	5,2	3,2	3,2	9	6	6
Написание раздела «Финансовый менеджмент»	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Студент	2,4	2,4	2,4	4	4	4
Написание раздела «Социальная ответственность»	2	2	2	3	3	3	2,4	2,4	2,4	Студент	2,4	2,4	2,4	4	4	4
Оформление ВКР и согласование результатов с руководителем	2	2	2	4	4	4	2,8	2,8	2,8	Научный руководитель, студент	1,4	1,4	1,4	3	3	3

На основе таблицы 20 построен календарный план-график, представленный в таблице 21.

Таблица 21 – Календарный план-график проведения дипломной работы

№	Вид работ	Исполнители	Т _{ки} , кол. дней	Продолжительность выполнения работ																		
				Февраль			Март			Апрель			Май									
				3	1	2	3	1	2	3	1	2	3									
1	Выбор и утверждение темы	Научный руководитель, студент	1																			
2	Составление технического задания и плана исследований	Научный руководитель, студент	1																			
3	Подбор и изучение материалов по теме	Студент	15																			
4	Обработка, анализ и систематизация теоретических материалов по теме	Студент	6																			
5	Согласование и оформление теоретической части ВКР	Научный руководитель, студент	3																			
6	Подбор материалов для практической части исследования	Студент	10																			
7	Проведение расчетов	Студент	12																			
8	Анализ полученных результатов	Студент	4																			
9	Оформление практической части исследования	Студент	9																			

Продолжение таблицы 21

10	Написание раздела «Финансовый менеджмент»	Студент	4																	
11	Написание раздела «Социальная ответственность»	Студент	4																	
12	Оформление ВКР и согласование результатов с руководителем	Научный руководитель, студент	3																	

 - научный руководитель

 - студент

6.3.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

6.3.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты, необходимые для данного исследования представлены в таблице 22.

Таблица 22 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество			Цена за единицу, руб.			Затраты на материалы (З _м), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Картридж для принтера	Шт	1	1	1	800	800	800	800	800	800
Ручка	Шт	3	1	1	30	30	30	90	30	30
Тетрадь	Шт	2	1	1	30	30	30	60	30	30
Бумага А4	Уп.	1	1	1	220	220	220	220	220	220
Итого								1170	1080	1080

6.3.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для НТИ

В данной исследовательской работе не предусматриваются затраты на «специальное оборудование».

6.3.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Таблица 23 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Студент
Календарное количество дней	366	366
Количество нерабочих дней – выходные дни – праздничные дни	145	145
	125	25
	20	20
Потери рабочего времени – отпуск – по болезни	48	48
	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	173	173

Месячный должностной оклад научного руководителя, руб:

$$Z_m = Z_{тс} \times (1 + k_{пр} + k_d) \times k_p = 27500 \times (1 + 0,3 + 0,2) \times 1,3 = 53625 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад студента, руб:

$$Z_m = Z_{тс} \times (1 + k_{пр} + k_d) \times k_p = 1936 \times (1 + 0 + 0) \times 1,3 = 2516,8 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \times M}{F_d} = \frac{53625 \times 10,4}{175} = 3186,9 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата студента, руб.:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \times M}{F_{\text{д}}} = \frac{2516,8 \times 10,4}{175} = 149,6 \text{ руб.}$$

Расчет основной заработной платы произведем по 3 исполнениям:

1 исполнение – оценка расчета пожарный рисков и проведение мероприятий по снижению риска;

2 исполнение – проведение тестирования и улучшения работы системы противопожарной защиты;

3 исполнение – анализ соответствия требований по оснащению помещений средствами пожаротушения

Произведем расчет рабочего времени при выполнении 1 исполнения:

Научный руководитель: $T_p = 8$ раб. дней;

Студент: $T_p = 72$ раб. дней;

Основная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_p = 3186,9 \times 8 = 25495,2 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата студента, руб.:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_p = 149,6 \times 72 = 10771,2 \text{ руб.}$$

Произведем расчет рабочего времени при выполнении 2 исполнения:

Научный руководитель: $T_p = 8$ раб. дней;

Студент: $T_p = 62$ раб. дней;

Основная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_p = 3186,9 \times 8 = 25495,2 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата студента, руб.:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_p = 149,6 \times 62 = 9275,2 \text{ руб.}$$

Произведем расчет рабочего времени при выполнении 3 исполнения:

Научный руководитель: $T_p = 8$ раб. дней;

Студент: $T_p = 55$ раб. дней;

Основная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_p = 3186,9 \times 8 = 25495,2 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата студента, руб.:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_p = 149,6 \times 55 = 8228 \text{ руб.}$$

Таблица 24 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и студента при выполнении исполнения 1

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	27500	0,3	0,2	1,3	53625	3186,9	8	25495,2
Студент	1936	0	0	1,3	2516,8	149,6	72	10771,2
Итого								36266,4

Таблица 25 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и студента при выполнении исполнения 2

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	27500	0,3	0,2	1,3	53625	3186,9	8	25495,2
Студент	1936	0	0	1,3	2516,8	149,6	62	9275,2
Итого								34770,4

Таблица 26 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и студента при выполнении исполнения 3

Исполнители	$Z_{\text{тс}}$, руб	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$, руб.	$Z_{\text{дн}}$, руб	T_p , раб. дн.	$Z_{\text{осн}}$, руб.
Научный руководитель	27500	0,3	0,2	1,3	53625	3186,9	8	25495,2
Студент	1936	0	0	1,3	2516,8	149,6	55	8228
Итого								33733,2

6.3.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Таблица 27 – Дополнительная заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Студент			Научный руководитель		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Основная зарплата, руб	10771,2	9275,2	8228	25495,2	25495,2	25495,2
Дополнительная зарплата, руб	1292,5	1113,0	987,4	3059,4	3059,4	3059,4
Итого, руб.	12063,7	10388,2	9215,4	28554,6	28554,6	28554,6

6.3.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды

$$Z_{\text{внеб н.р.}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,28 \times (25495,2 + 3059,4) = 7995,3 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{внеб ст.}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,28 \times (10771,2 + 1292,5) = 3377,8 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{внеб н.р.}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,28 \times (25495,2 + 3059,4) = 7995,3 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{внеб ст.}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,28 \times (9275,2 + 1113,0) = 2908,7 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{внеб н.р.}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,28 \times (25495,2 + 3059,4) = 7995,3 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{внеб ст.}} = k_{\text{внеб}} \times (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,28 \times (8228 + 987,4) = 2580,3 \text{ руб.}$$

Таблица 28 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Научный руководитель	25495,2	25495,2	25495,2	3059,4	3059,4	3059,4
Студент	10771,2	9275,2	8228	1292,5	1113,0	987,5
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,28					
Итого						
Исполнение 1	11373,1 руб.					
Исполнение 2	10904 руб.					
Исполнение 3	10575,6 руб.					

6.3.4.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Накладные расходы (Исполнение 1):

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \times (1170 + 25495,2 + 10771,2 + 1292,5 + 3059,4 + 11373,1) = 8505,8 \text{ руб.}$$

Накладные расходы (Исполнение 2):

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \times (1080 + 25495,2 + 9275,2 + 1113 + 3059,4 + 10904) = 8148,3 \text{ руб.}$$

Накладные расходы (Исполнение 3):

$$Z_{\text{накл}} = 0,16 \times (1080 + 25495,2 + 8228 + 987,4 + 3059,4 + 10575,6) = 7908,1 \text{ руб.}$$

6.3.4.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Таблица 29 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НИИ	1170	1080	1080
2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	36266,4	34770,4	33723,2
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	4351,9	4172,4	4046,8
4. Отчисления во внебюджетные фонды	11373,1	10904	10575,6
5. Накладные расходы	8505,8	8148,3	7908,1
Итого	61667,2	59075,1	57333,7

6.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

1. Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования:

$$I_{\text{фин.р}}^{\text{исп1}} = \frac{61667,2}{61667,2} = 1; \quad I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}} = \frac{59075,1}{61667,2} = 0,96; \quad I_{\text{фин.р}}^{\text{исп3}} = \frac{57333,7}{61667,2} = 0,93;$$

2. Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 30.

Таблица 30 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	5	5	5
3. Помехоустойчивость	0,15	5	5	4
4. Энергосбережение	0,20	5	3	5
5. Надежность	0,25	4	4	3
6. Материалоемкость	0,15	4	5	4
Итого	1	4,6	4,25	4,1

$$I_{p-исп1} = 0,1 \times 5 + 0,15 \times 5 + 0,15 \times 5 + 0,20 \times 5 + 0,25 \times 4 + 0,15 \times 4 = 4,6$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \times 4 + 0,15 \times 5 + 0,15 \times 5 + 0,20 \times 3 + 0,25 \times 4 + 0,15 \times 5 = 4,25$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \times 4 + 0,15 \times 5 + 0,15 \times 4 + 0,20 \times 5 + 0,25 \times 3 + 0,15 \times 4 = 4,1$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}^{исп1}} = \frac{4,6}{1} = 4,6; \quad I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}^{исп2}} = \frac{4,25}{0,96} = 4,43;$$

$$I_{исп3} = \frac{I_{p-исп3}}{I_{фин.р}^{исп3}} = \frac{4,1}{0,93} = 4,4$$

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

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп1}}{I_{исп2}} = \frac{4,6}{4,43} = 1,04; \quad \mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп2}}{I_{исп3}} = \frac{4,43}{4,4} = 1,01; \quad \mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп3}}{I_{исп1}} = \frac{4,4}{4,6} = 0,96$$

Таблица 31 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,96	0,93
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,6	4,25	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	4,6	4,43	4,4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,04	1,01	0,96

При сравнении значений интегральных показателей эффективности было выявлено, что более эффективным вариантом решения поставленной технической задачи в бакалаврской работе с позиции финансовой и ресурсной эффективности является исполнение 1 – оценка расчета пожарный рисков и проведение мероприятий по снижению риска.

7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

Согласно международному стандарту ГОСТ Р ИСО 26000-2012 социальная ответственность – ответственность организации за воздействие её решений и деятельности на общество и окружающую среду через прозрачное и этическое поведение, которое содействует устойчивому развитию, включая здоровье и благосостояние общества, а также соответствует применяемому законодательству и согласуется с международными нормами поведения [13].

Таким образом, соблюдение требований нормативно-правовых документов, правил производственной, экологической и пожарной безопасности, создание и улучшение оптимальных условий труда для работы персонала, снижение воздействия опасных и вредных факторов как для работников, так и для пациентов является одной из главных задач ЛПУ.

В данном разделе бакалаврской работы рассмотрены вопросы, связанные с организацией рабочего места медицинского персонала в кабинете физиотерапии с техникой производственной безопасности, нормами производственной санитарии и охраны окружающей среды.

Объектом исследования является кабинет физиотерапии санатория-профилактория ТПУ, расположенного по адресу г. Томск, ул. Усова 13.

Площадь помещения 28 м², два окна из поливинилхлорида (ПВХ), люминесцентные лампы, в помещении работает 1 человек, работа выполняется в сидячем положении у бумажных журналов или в стоячем у электроустановок физиотерапии.

На сотрудников воздействуют физические опасные и вредные факторы, такие как:

- недостаточная освещенность рабочей зоны,
- отсутствие или недостаток естественного света,
- неудовлетворительные микроклиматические параметры,
- возможность поражения электрическим током от установки,

- статическое электричество и электромагнитные излучения.

Немаловажную роль играют и психофизиологические факторы: умственное, зрительное и слуховое перенапряжение, монотонность труда, эмоциональные перегрузки. Воздействие таких факторов снижает работоспособность, вызывает утомление, раздражение, приводит к болям и недомоганию.

7.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Правовой основой законодательства в области обеспечения безопасности жизнедеятельности является Конституция – основной закон государства.

Правовую основу обеспечения безопасности жизнедеятельности составляют соответствующие законы и постановления, принятые представительными органами Российской Федерации и входящих в нее республик, а также подзаконные акты.

Согласно ТК РФ каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра [14].

Согласно ФЗ №323 медицинские работники и фармацевтические работники имеют право на основные гарантии, предусмотренные трудовым законодательством и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, в том числе на:

1) создание руководителем медицинской организации соответствующих условий для выполнения работником своих трудовых обязанностей, включая обеспечение необходимым оборудованием, в порядке, определенном законодательством Российской Федерации;

2) профессиональную подготовку, переподготовку и повышение квалификации за счет средств работодателя в соответствии с трудовым законодательством Российской Федерации;

5) стимулирование труда в соответствии с уровнем квалификации, со спецификой и сложностью работы, с объемом и качеством труда, а также конкретными результатами деятельности [15].

В соответствии со статьей 350 Трудового кодекса РФ для медицинских работников сокращенная продолжительность рабочего времени не может превышать 39 часов в неделю. В этих пределах продолжительность рабочего времени медицинских работников в зависимости от должности и (или) специальности определяется Правительством РФ [14].

Постановлением N 870 предусмотрено, что лицам, занятым на тяжелых работах, работах с вредными и (или) опасными и иными особыми условиями труда, по результатам аттестации рабочих мест устанавливаются следующие компенсации:

– сокращенная продолжительность рабочего времени – не более 36 часов в неделю в соответствии со ст. 92 ТК РФ;

– ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск – не менее 7 календарных дней (ст. 117 ТК РФ);

– повышение оплаты труда – не менее 4% тарифной ставки (оклада), установленной для различных видов работ с нормальными условиями труда (ст. 147 ТК РФ)

Льготные пенсии медицинским работникам предоставляются по 2-м основаниям:

1) Пенсия «за выслугу лет». Права на данные пенсии, а также льготный пенсионный стаж в данном случае не зависят от занятости работника во вредных условиях труда и устанавливаются в зависимости от наличия наименования организации, должности. Пенсия по этому основанию не подтверждается в картах СОУТ рабочего места [16].

2) Пенсия за работу во вредных условиях труда – подтверждается в картах СОУТ и зависит от выполнения 2-х основных условий:

- наличия наименования организации, должности, работ в пенсионных Списках № 1 и № 2 (рентгенологи, фтизиатры, психиатры и др.),
- подтверждения по результатам СОУТ класса условий труда не ниже 3.1 (независимо от какого именно вредного фактора).

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.

В соответствии с ОСТ 42-21-16-86. Отделения, кабинеты физиотерапии. Общие требования безопасности состав и площадь помещений вновь строящихся и реконструированных отделений, кабинетов электро- и светолечения, требования к вентиляции, отоплению, кондиционированию воздуха, газоснабжению, освещению помещений должны соответствовать действующим строительным нормам и правилам.

В кабинете электро- и светолечения – площадь принимается из расчета 6 кв. м на кушетку, при наличии 1 кушетки – не менее 12 кв. м.

Запрещается для покрытия пола и изготовления занавесей процедурных кабин применять синтетические материалы, способные создавать статические электрические заряды. Пол должен быть деревянным или покрытым специальным линолеумом, не образующим статическое электричество, и не должен иметь выбоин.

Стены помещений на высоту 2 м должны быть покрашены масляной краской светлых тонов, остальная часть стен и потолка – клеевой. Облицовка стен керамической плиткой запрещается.

Для проведения лечебных процедур в кабинете должны бы оборудованы специальные кабины, каркасы которых выполняются из пластмассовых или хорошо отполированных деревянных стоек либо из металлических (никелированных или покрытых масляной краской) труб. Металлические конструкции кабин необходимо изолировать от каменных стен и полов путем установки фланцев на подкладках из изолирующего материала толщиной не менее 40-50 мм (подкладки из дерева предварительно проваривают в парафине и окрашивают масляной краской). Крепежные шурупы (болты) фланцев не должны быть длиннее высоты подкладки.

Размеры кабин: высота – 2 м, длина – 2,2 м, ширина в зависимости от типа аппарата: для аппаратов индуктотермии, микроволновой терапии, мощных УВЧ-генераторов, аппаратов для общей гальванизации с ваннами для конечностей и стационарных светолечебных аппаратов ширина кабины – 2 м, для прочих аппаратов – 1,8 м.

В каждой кабине должен устанавливаться только один стационарный физиотерапевтический аппарат, одна деревянная кушетка с подъемным изголовьем и устройством для местного освещения. В помещении, где расположена лазерная установка, запрещается использование приборов и предметов с зеркальными поверхностями, работа с лазерными установками должна проводиться с ярким общим освещением [17].

7.2 Производственная безопасность

Производственная безопасность — система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих или уменьшающих вероятность воздействия на работающих опасных травмирующих

производственных факторов, возникающих в рабочей зоне в процессе трудовой деятельности.

Как и в любой организации, в лечебно-профилактическом учреждении должны соблюдаться правила безопасности. Привычное понятие о технике безопасности на рабочем месте в ЛПУ не отражает всего многообразия вредных воздействующих факторов. Иначе говоря, в санатории-профилактории должна быть создана безопасная больничная среда, не причиняющая вреда всем участникам лечебного процесса.

Из всей совокупности производственных факторов два наиболее важных и наиболее общих типа неблагоприятно действующих производственных факторов по результирующему воздействию на организм человека подразделяют на вредные и опасные.

Вредные производственные факторы – факторы, приводящие к заболеванию, в том числе усугубляющие уже имеющиеся заболевания.

Опасные производственные факторы – факторы, приводящие к травме, в том числе смертельной.

Один и тот же по своей природе неблагоприятный производственный фактор при различных характеристиках воздействия может оказаться либо вредным, либо опасным, а потому логическая граница между ними условна.

На примере кабинета физиотерапии проанализируем вредные и опасные факторы, которые возникают в процессе работы медицинского персонала согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [18].

7.2.1 Анализ выявленных вредных и опасных факторов

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 были проанализированы вредные и опасные факторы, которые возникают в процессе работы медицинского персонала в кабинете физиотерапии (таблица 32)

Таблица 32 – Возможные опасные и вредные факторы

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа за письменным столом	Недостаточная освещенность рабочей зоны		1. ГОСТ Р 55710-2013 2. СанПиН 2.2.1-2.1.1.1278-03 3. СанПиН 2.1.3.2630-10
	Неудовлетворительный микроклимат		1. ГОСТ 12.1.005-88 2. СанПиН 2.1.3.2630-10 3. СанПиН 2.2.4.548-96 4. СанПиН 2.2.4.3359-16
Эксплуатация электроустановок при физиотерапии пациентов	Повышенный уровень шума на рабочем месте		1. СанПиН 2.2.4.3359-16 2. СН 2.2.4/2.1.8.562-96
		Поражение электрическим током	3. ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ 4. Правила устройства электроустановок. 5. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ
		Повышенный уровень статического электричества	1. ГОСТ 12.4.011-89 2. ГОСТ 12.1.045-84

7.2.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

7.2.2.1. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Освещение рабочего места – важнейший фактор создания нормальных условий труда. Рациональное освещение имеет большое значение для сохранения зрения у медицинских работников в кабинете физиотерапии. Нагрузка на глаза обуславливается резким контрастом между источником света и освещенным объектом, труднодоступностью рассматриваемых объектов. Все это создает высокую нагрузку на аккомодационную систему глаз, что приводит к ухудшению зрительных функций, которое проявляется расстройством аккомодации, снижением остроты зрения, световой чувствительности и устойчивости цветоразличения

В кабинете физиотерапии используется комбинированное освещение. 4 люминесцентные лампы и 2 окна. Исходя из собственных наблюдений, на рабочем месте медсестры недостаточно освещения, имеется затенение

рабочей зоны, как в зоне письменного стола, так и в зоне электроустановок. Источником недостаточной освещенности на рабочем месте в кабинете физиотерапии является недостаток количества источников искусственного освещения.

Параметры освещения регламентируются «Санитарными правилами и нормам СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий», СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» (раздел X «Освещение на рабочих местах») [19] [20].

Согласно ГОСТ Р 55710-2013 к нормативным показателям световой среды в кабинете физиотерапии относятся [21]:

Таблица 33 – Нормативные показатели световой среды в кабинете физиотерапии

Наименование помещения	Норма освещенности $E_{экс}$, лк	Равномерность освещенности U_o , не менее	Объединенный показатель дискомфорта UGR , не менее	Общий индекс цветопередачи R_a , не менее	Коэффициент пульсации освещенности K_p , %, не более
Специализированный кабинет физиотерапии	300	0,60	19	80	15

Освещенность на поверхности стола и в зоне действия электроустановок от системы общего освещения должна соответствовать норме – 300лк. В рассматриваемом кабинете физиотерапии освещенность 240 лк, что не соответствует нормам.

Длительное нахождение в сидячем положении нередко приводит к венозной недостаточности, искривлению позвоночника, ухудшению зрения и хроническому стрессу. Впрочем, большинства этих проблем можно избежать при правильной организации рабочего пространства.

Напряженность труда характеризуется эмоциональной нагрузкой на организм при труде, требующем преимущественно интенсивной работы мозга по получению и переработке информации.

Факторы трудового процесса, характеризующие напряженность труда, это эмоциональная и интеллектуальная нагрузки, нагрузка на анализаторы человека, монотонность нагрузок, режим работы.

Для устранения недостаточной освещенности рабочей зоны необходимо:

- Реконструировать осветительную установку;
- Разработать мероприятия по усовершенствованию или замене действующей системы освещения;
- Заменить лампы на более мощные;
- Увеличение числа ламп в рабочей зоне;

7.2.2.2. Неудовлетворительный микроклимат

Микроклимат производственных помещений – это комплекс физических факторов внутренней среды помещений, который оказывает влияние на тепловой баланс человека с окружающей средой. Микроклимат в производственных помещениях характеризуют следующие показатели: температура t , относительная влажность W , скорость движения воздуха V . Эти показатели должны обеспечить поддержание оптимального теплового состояния организма в течение 8-часовой рабочей смены.

СанПиН 2.2.4.548-96 устанавливает нормы оптимальных и допустимых метеорологических условий. Эти нормы принимают во внимание: время года – холодный период с температурой $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже и теплый период с температурой $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше; категорию работ – работа специалиста по физиотерапии относится к категории Ia – работа с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимая сидя и сопровождающаяся незначительным физическим напряжением [22].

Неблагоприятный уровень микроклимата может способствовать возникновению у человека следующих последствий:

- Нарушение терморегуляции, в результате которого возможно повышение температуры, обильное потоотделение, слабость.

– Нарушение водно-солевого баланса, может привести к слабости, головной боли, судорожной болезни.

При работе в производственных помещениях значения показателей микроклимата для работ категории Ia оптимальны, если они соответствуют требованиям таблицы 34, а допустимые значения требованиям таблицы 35.

Таблица 34 – Оптимальные значения показателей микроклимата на рабочем месте производственного помещения для работ категории Ia

Период года	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{ м/с}$
Холодный	22-24	60-40	0,1
Теплый	23-25	60-40	0,1

Таблица 35 – Допустимые значения показателей микроклимата на рабочем месте производственного помещения для работ категории Ia

Период года	$t, ^\circ\text{C}$		$W, \%$	$V, \text{ м/с}$	
	Интервал ниже оптимальных значений	Интервал выше оптимальных значений		Для интервала t ниже оптимальных значений, не более	Для интервала t выше оптимальных значений, не более
Холодный	20,0-21,9	24,1-25,0	15-75	0,1	0,1
Теплый	21,0-22,9	25,1-28,0	15-75	0,1	0,2

Величины показателей микроклимата на рабочем месте медсестры в кабинете физиотерапии отражены в таблице 36 (категория работ Ia).

Таблица 36 – Величины показателей микроклимата на рабочем месте медсестры в кабинете физиотерапии

Период года	$t, ^\circ\text{C}$	$W, \%$	$V, \text{ м/с}$
Холодный	22	60	0,05
Теплый	24	60	0,1

Соотнося таблицу 36 с данными таблиц 35 и 34 можно сделать вывод, что в анализируемом офисном помещении параметры микроклимата соответствуют нормам. Для профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата можно проводить защитные мероприятия, такие как регламент времени работы, системы местного кондиционирования воздуха.

7.2.2.3 *Повышенный уровень шума на рабочем месте*

Рассматриваемое рабочее помещение имеет низкий общий уровень шума. К основным источникам шума на рабочем месте медсестры в кабинете физиотерапии можно отнести установки электрофореза, многофункциональные физиотерапевтические аппараты, аппарат для лечения диадинамическими токами, электрическая плита с конфорками и работающие светильники люминесцентных ламп. А также шум, возникающий вне кабинета через открытые окна и двери.

С 01.01.2017 уровни шума нормируются Санитарно-эпидемиологическими правилами и нормативами СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» (раздел III «Шум на рабочих местах»), спектральная характеристика шума и другие параметры оцениваются в соответствии с СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [20] [23].

Уровень шума не должен превышать норм для залов вычислительного центра установленных СН 2.2.4/2.1.8.562-96.

Слух практически наравне со зрением необходим человеку, он позволяет человеку владеть звуковыми и зрительными информационными полями. При длительном воздействии шум вызывает ухудшение слуха или даже глухоту. Шум на рабочем месте негативно воздействует на работников: уменьшается внимание, ухудшается скорость психических реакций, растрачивается больше энергии при одинаковых физических нагрузках и т.д. А в конечном итоге значительно падает производительность труда и соответственно качество проделанной работы.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96. уровень шума в санатории-профилактории ТПУ не более 50 дБА и соответствует нормам [23].

7.2.2.4 Поражение электрическим током

Основными источниками электрической опасности в рассматриваемом рабочем месте являются аппараты, аппарат для лечения диадинамическими токами, электрическая плита с конфорками и электрические сети.

Электробезопасность и допустимые нормы регламентируются Правилами устройства электроустановок (ПУЭ), ГОСТ 12.1.038-82 и ГОСТ 12.1.019-2009 (с изм.№1) ССБТ [24] [25] [26].

Существуют следующие способы защиты от поражения электрическим током на данном рабочем месте:

- защитное заземление;
- зануление;
- защитное отключение;
- электрическое разделение сетей разного напряжения;
- изоляция токоведущих частей.

Согласно ПУЭ по опасности поражения электрическим током помещение кабинета физиотерапии санатория-профилактория ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой 18-20°, с влажностью 40-50%) [24].

7.2.2.5 Повышенный уровень статического электричества

Электроприборы являются основными источниками статического электричества на данном рабочем месте, так как они распространяют заряд и создают электростатические поля.

Под воздействием электростатического поля в организме человека происходят определенные изменения:

- повышается утомляемость и раздражительность, ухудшение сна;
- спазм сосудов и функциональные нарушения центральной нервной системы;

- изменение сосудистого тонуса и кожной чувствительности.

Допустимые уровни напряженности электростатических полей установлены в ГОСТ 12.1.045-84. Допустимые уровни напряженности полей зависят от времени пребывания на рабочих местах. Предельно допустимый уровень напряженности электростатических полей равен 60 кВ/м в 1 ч [27].

Применение средств защиты, работающих обязательно в тех случаях, когда фактические уровни напряженности электростатических полей на рабочих местах превышают 60 кВ/м.

Методами защиты от воздействия электростатического поля являются:

- предупреждение возможности возникновения электростатического заряда;
- постоянный отвод статического электричества от технологического оборудования путем заземления;
- снижение величины потенциала электростатического заряда до безопасного уровня;
- повышение относительной влажности воздуха в помещении, химическая обработка поверхности, нанесение антистатических средств и электропроводных пленок;
- нейтрализация зарядов статического электричества: ионизация воздуха.

Уменьшение интенсивности образования электрических зарядов достигается за счет снижения скорости и силы трения, различия в диэлектрических свойствах материалов и повышения их электропроводимости.

Для покрытия полов нужно использовать антистатический линолеум, желательно периодически проводить антистатическую обработку ковров, ковровых материалов, синтетических тканей и материалов с использованием препаратов бытовой химии.

Для защиты от статического электричества необходимо применять слабоэлектризующиеся или неэлектризующиеся материалы, устранять или ограничивать трение, распыление, разбрызгивание, плескание диэлектрических жидкостей. Устранение зарядов статического электричества достигается прежде

всего заземлением корпусов оборудования. Заземление для отвода статического электричества можно объединять с защитным заземлением электрооборудования.

7.3 Экологическая безопасность

Никаких вредных выбросов и загрязненного воздуха в рабочем помещении не образуется, также нет прямого воздействия на литосферу и гидросферу.

Отработанные люминесцентные лампы, пустые и непригодные для дальнейшего использования емкости следует сдавать в специализированные утилизирующие компании. Данные отходы будут впоследствии утилизироваться в безопасном месте, а санаторий-профилакторий ТПУ будет вносить вклад в оздоровление окружающей среды.

Кроме того, для защиты окружающей среды персоналу следует соблюдать простые правила:

1) Поддержание санитарно-гигиенического состояния рабочего места, утилизация мусора в специально отведенные для этого урны.

2) Проведение регулярной влажной уборки помещения. Генеральные уборки должны проводиться дезинфицирующими средствами по режимам, рекомендованным для профилактики и борьбы с бактериальными инфекциями.

7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При проведении исследования в рассматриваемом кабинете физиотерапии наиболее вероятной ЧС является возникновение пожара. Пожарная безопасность должна обеспечиваться системами предотвращения пожара и противопожарной защиты, в том числе организационно-техническими мероприятиями.

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

Задачи пожарной профилактики можно разделить на три комплекса мероприятий:

Организационные мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию.
- содержание в исправности изоляции токоведущих проводников.

Технические мероприятия:

- соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения;
- профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования.

Возникновение пожара может возникнуть из-за человеческого фактора, в частности, это несоблюдение правил пожарной безопасности, а также из-за замыкания в электрической сети. Соблюдение современных норм пожарной безопасности позволяет исключить возникновение пожара в кабинете физиотерапии.

В исследуемом помещении состояние изоляции электропроводки находится в хорошем состоянии. Электрооборудование отвечает требованиям электробезопасности, т.к. обеспечение этих требований достигается применением защитного заземления, что в нашем случае соответствует нормативным требованиям ГОСТ 12.1.030-81.. [28].

Рабочий коллектив проинструктирован с соблюдением мер пожарной безопасности под роспись в журнале техники безопасности, обучен применению имеющихся средств пожаротушения, вызову пожарной охраны при пожаре.

Выводы по разделу социальная ответственность

В данном разделе выпускной квалификационной работы были определены вредные и опасные факторы производственной среды, негативные воздействия на окружающую природную среду и возможные чрезвычайные ситуации, изучены организационные мероприятия обеспечения безопасности и особенности законодательного регулирования проектных решений.

К вредным факторам рабочего места медицинского персонала в кабинете физиотерапии относятся: недостаточная освещенность рабочей зоны, неудовлетворительный микроклимат, повышенный уровень шума на рабочем месте. К опасным факторам относится поражение электрическим током и повышенный уровень статического электричества.

Негативное воздействие на окружающую среду выражается в выбросах в отходах в литосферу.

По результатам проведенного исследования, в кабинете физиотерапии возможны чрезвычайные ситуации техногенного характера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В лечебно-профилактических учреждениях постоянно пребывает большое число людей, обеспечение безопасного пребывания которых является одним из важных факторов. Опираясь на статистику возникновения ЧС, наибольший процент приходится на пожары. Соответственно вопрос обеспечения пожарной безопасности является актуальным в настоящее время.

На каждом объекте защиты должны соблюдаться требования пожарной безопасности, при наличии нарушений следует оценивать риски возникновения пожаров и впоследствии применять дополнительные меры по повышению пожаробезопасности.

В данной выпускной квалификационной работе на примере санатория-профилактория ТПУ была проведена оценка пожарного риска и разработаны мероприятия по снижению причин возникновения пожара.

В соответствии со ст.32 ФЗ №123 был определен класс функциональной пожарной опасности здания – ФЗ.4. для расчета величины индивидуального пожарного риска по методике, определяющейся Приказом МЧС России №382.

На примере четырех сценариев было рассчитано время эвакуации, средним значением является 2,2 минуты; время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП. Наибольшее скопление людей образовалось в 4 сценарии, при блокировании ОФП главного входа в здание и эвакуации через запасные выходы.

Величина индивидуального пожарного риска составила $0,13 \cdot 10^{-5}$, что превышает нормативное значение в соответствии с п.1 ст.79 ФЗ №123-ФЗ.

В здании санатория-профилактория следует провести мероприятия для снижения вероятности возникновения пожара, быстрого реагирования во время эвакуации людей из здания и эффективной работы СОУЭ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственный доклад «О состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2017 году» / – М.: МЧС России. ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), 2018, 376 с.
2. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ (ред. от 27.12.2018) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
3. Приказ МЧС России от 30.06.2009 №382 (ред. от 02.12.2015) "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности".
4. Федеральный закон от 21.12.1994 №69-ФЗ «О пожарной безопасности» (с изм. от 27.12.2019 N 487-ФЗ).
5. Постановление Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 года №390 «О противопожарном режиме» (с изм. на 23 апреля 2020 года).
6. ППБО 07-91 Правила пожарной безопасности для учреждений здравоохранения.
7. СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям.
8. СП 118.13330.2012 Общественные здания и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 31-06-2009 (с Изменениями N 1-4).
9. Приказ МЧС России от 10.07.2009 №404 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах».
10. ГОСТ 12.4.009-83 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная техника для защиты объектов. Основные виды. Размещение и обслуживание (с Изменением N 1).
11. ГОСТ Р 12.2.143-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля (с Изменением N 1).

12. НПБ 160-97 Цвета сигнальные. Знаки пожарной безопасности. Виды, размеры, общие технические требования.
13. ГОСТ Р ИСО 26000-2012. Руководство по социальной ответственности.
14. «Трудовой кодекс Российской Федерации» от 30.12.2001 №197-ФЗ (ред. от 24.04.2020).
15. Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 N 323-ФЗ (последняя редакция).
16. Федеральный закон от 15.12.2001 N166-ФЗ (ред. от 01.10.2019) «О государственном пенсионном обеспечении в Российской Федерации».
17. ОСТ 42-21-16-86. «ССБТ. Отделения, кабинеты физиотерапии, общие требования безопасности».
18. ГОСТ 12.0.003-2015 «Система стандартов по безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы».
19. СанПиН 2.2.12.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
20. СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.
21. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
22. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
23. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. Санитарные нормы.
24. Правила устройства электроустановок (ПУЭ).
25. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).

- Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1).
26. ГОСТ Р 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.
 27. ГОСТ 12.1.045-84. «Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля»
 28. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ).
Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1).
 29. СНиП 21-01-97 Пожарная безопасность зданий и сооружений
(с Изменениями N 1, 2).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Порядок проведения расчета индивидуального пожарного риска в соответствии с Приказом МЧС РФ от 30 июня 2009 г. N 382 "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности"

1. Время начала эвакуации $t_{нэ}$ определяется в соответствии с таблицей 1 Приложения А.

Таблица А1 – Значение времени начала эвакуации

N п/п	Класс функциональной пожарной опасности зданий и характеристика контингента людей	Значение времени начала эвакуации людей $t_{нэ}$, мин		
		Здания, оборудованные системой оповещения и управления эвакуацией людей		Здания, не оборудованные системой оповещения и управления эвакуацией людей
		I-II типа	III -V типа	
1	Здания дошкольных образовательных организаций, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса образовательных организаций с наличием интерната и детских организаций; многоквартирные жилые дома; многоквартирные жилые дома, в том числе блокированные (Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4). Люди могут находиться в состоянии сна, но знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов.	6,0	4,0	9,0
2	Гостиницы, общежития, спальные корпуса санаториев и домов отдыха общего типа, кемпингов, мотелей и пансионатов (Ф1.2). Жильцы могут находиться в состоянии сна и незнакомы со структурой эвакуационных путей и выходов.	3,0	2,0	6,0
3	Здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений; здания организаций по обслуживанию населения (Ф2, Ф3). Посетители находятся в бодрствующем состоянии, но могут быть незнакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	3,0	1,0	6,0
4	Здания образовательных организаций, научных и проектных организаций, органов управления учреждений (Ф4). Посетители находятся в бодрствующем состоянии и хорошо знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов.	3,0	1,5	6,0
5	Пожарные отсеки производственного или складского назначения с категорией помещений по взрывопожарной и пожарной опасности В1-В4, Г, Д, входящие в состав зданий с функциональной пожарной опасностью Ф1, Ф2, Ф3, Ф4, в том числе Ф5.2.	2,0	0,5	6,0

2. Расчетное время эвакуации людей t_p из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей.

При расчете весь путь движения людского потока подразделяется на участки длиной l_i и шириной δ_i . Расчетное время эвакуации людей t_p определяется как сумма времени движения людского потока по отдельным участкам пути t_i по формуле:

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i, \quad (1)$$

где t_1 – время движения людского потока на первом (начальном) участке, мин;

t_2, t_3, \dots, t_i – время движения людского потока на каждом из следующих после первого участка пути, мин.

Время движения людского потока по первому участку пути t_1 , мин, рассчитывают по формуле:

$$t_1 = \frac{l_1}{V_1}, \quad (2)$$

где l_1 – длина первого участка пути, м;

V_1 – скорость движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, м/мин (определяется по таблице 2 Приложения А в зависимости от плотности D).

Плотность однородного людского потока на первом участке пути D_1 рассчитывают по формуле:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1}, \quad (3)$$

где N_1 – число людей на первом участке, чел.;

f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, принимаемая равной $0,1 \text{ м}^2/\text{чел}$.

δ_1 – ширина первого участка пути, м.

Если значение Q_i , меньше или равно Q_{\max} , то время движения по участку пути t_i , мин, равно:

$$t_i = \frac{l_i}{V_i}, \quad (4)$$

при этом значения Q_{\max} , м/мин следует принимать равными:

16,5 – для горизонтальных путей;

19,6 – для дверных проемов;

16,0 – для лестницы вниз;

11,0 – для лестницы вверх.

Таблица А2 – Интенсивность и скорость движения людского потока на разных участках путей эвакуации в зависимости от плотности

Плотность потока D, м ² /м ²	Горизонтальный путь		Дверной проем, интенсивность q, м/мин	Лестница вниз		Лестница вверх	
	Скорость V, м/мин	Интенсивность q, м/мин		Скорость V, м/мин	Интенсивность q, м/мин	Скорость V, м/мин	Интенсивность q, 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
0,10	80	8,0	8,7	95	9,5	53	5,3
0,20	60	12,0	13,4	68	13,6	40	8,0
0,30	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6
0,40	40	16,0	18,4	40	16,0	26	10,4
0,50	33	16,5	19,6	31	15,6	22	11,0
0,60	28	16,3	19,05	24,5	14,1	18,5	10,75
0,70	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,80	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,90 и более	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

Примечание - интенсивность движения в дверном проеме при плотности потока 0,9 и более равная 8,5 м/мин, установлена для дверного проема шириной 1,6 м и более, а при дверном проеме меньшей ширины интенсивность движения следует определять по формуле $q = 2,5 + 3,75 \times \delta$.

3. Время блокирования путей эвакуации $t_{\text{бл}}$ вычисляется путем расчета времени достижения ОФП предельно допустимых значений на эвакуационных путях в различные моменты времени.

$$t_{\text{бл}} = \min \left\{ t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}}, t_{\text{кр}}^{\text{Т}}, t_{\text{кр}}^{\text{т.г.}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{т.п.}} \right\}, \quad (5)$$

Критическое время по каждому из опасных факторов пожара определяется как время достижения этим фактором предельно допустимого значения на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола.

Предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара составляют:

- по повышенной температуре – 70°C;
- по тепловому потоку – 1400 Вт/м²;
- по потере видимости – 20 м (для случая, когда оба горизонтальных линейных размера помещения меньше 20 м, предельно допустимое расстояние по потере видимости следует принимать равным наибольшему горизонтальному линейному размеру);
- по пониженному содержанию кислорода – 0,226 кг/м³;
- по каждому из токсичных газообразных продуктов горения.

Критические времена по каждому из опасных факторов пожара определяются с помощью аналитических соотношений:

по повышенной температуре

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (6)$$

по потере видимости:

$$t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{1_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (7)$$

по пониженному содержанию кислорода:

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (8)$$

по каждому из газообразных токсичных продуктов горения:

$$t_{кр}^{т.г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (9)$$

где:

$$B = \frac{353 \cdot c_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_{н}}, \quad (9.1)$$

– 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, $\text{кг}/\text{с}^n$;

Z – безразмерный параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения;

$Q_{н}$ – низшая теплота сгорания материала, МДж/кг;

C_p – удельная изобарная теплоемкость дымовых газов, МДж/(кг·К) (допускается принимать равной теплоемкости воздуха при 45°С);

Φ – коэффициент теплопотерь (принимается по данным справочной литературы, при отсутствии данных может быть принят равным 0,55);

η – коэффициент полноты горения определяется по формуле:

$$\eta_0 = 0,63 + 0,2 \cdot X_{ox,0} + 1500 \cdot X_{ox,0}^6, \quad (10)$$

V – свободный объем помещения, м³;

a – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

E – начальная освещенность, лк;

$l_{пр}$ – предельная дальность видимости в дыму, м;

D_m – дымообразующая способность горящего материала, Нп · м²/кг;

L – удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала, кг/кг;

X – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении, кг/м⁻³ ($X_{CO_2} = 0,11$ кг/м³; $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3}$ кг/м³; $X_{HCL} = 23 \cdot 10^{-6}$ кг/м³);

L_{O_2} – удельный расход кислорода, кг/кг.

Если под знаком логарифма получается отрицательное число, то данный ОФП не представляет опасности.

Параметр z вычисляется по формуле:

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) \text{ при } H \leq 6 \text{ м}, \quad (11)$$

где:

h – высота рабочей зоны, м;

H – высота помещения, м.

Определяется высота рабочей зоны:

$$h = h_{пл} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta, \quad (12)$$

где: $h_{пл}$ – 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 вычисляются следующим образом:

для кругового распространения пожара:

$$A = 1,05 \cdot \psi_{уд} \cdot V^2 \quad n = 3, \quad (13)$$

где:

V – линейная скорость распространения пламени, м/с;

для вертикальной или горизонтальной поверхности горения в виде прямоугольника, одна из сторон которого увеличивается в двух направлениях за счет распространения пламени:

$$A = \psi_{уд} \cdot V \cdot b \cdot n = 2, \quad (14)$$

где:

b – перпендикулярный к направлению движения пламени размер зоны горения, м.

При отсутствии специальных требований значения a и E принимаются равными 0,3 и 50 лк соответственно, а значение $l_{пр} = 20$ м.

4. *Время существования скопления $t_{ск}$ на участке i определяется по формуле:*

$$t_{ск} = \frac{N \cdot f}{q_{при D=0,9} \cdot b_{i+1}}, \quad (15)$$

где N – количество людей, чел.;

f – площадь горизонтальной проекции, м²;

$q_{при D=0,9}$ – интенсивность движения через участок $i+1$ при $D=0,9$ и более, м/мин;

b_{i+1} – ширина участка, м, при вхождении на который образовалось скопление людей.

5. Вероятность эвакуации $P_{э,i}$ из зданий рассчитывается по формуле:

$$P_{э,i} = \begin{cases} 0,999 \cdot \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нэ}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэ} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \text{ мин} \end{cases}, \quad (16)$$

где t_p – расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{нэ}$ – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;

$t_{бл}$ – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения, мин;

$t_{ск}$ – время существования скоплений людей на участках пути.

6. Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, $K_{п.з,i}$ рассчитывается по формуле:

$$K_{п.з,i} = 1 - (1 - K_{обн,i} \cdot K_{соуэ,i}) \cdot (1 - K_{обн,i} \cdot K_{пдз,i}), \quad (17)$$

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

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

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

Значение параметра $K_{обн,i}$ принимается равным $K_{обн,i} = 0,8$, так как выполняется условие – здание оборудовано системой пожарной сигнализации, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

Значение параметра $K_{соуэ,i}$ принимается равным $K_{соуэ,i} = 0,8$, поскольку здание оборудовано системой оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

Значение параметра $K_{пдз,i}$ принимается равным нулю.

7. Расчетная величина индивидуального пожарного риска $Q_{в,i}$ в зданиях рассчитывается по формуле:

$$Q_{в,i} = Q_{н,i} \cdot (1 - K_{ап,i}) \cdot P_{пр,i} \cdot (1 - P_{э,i}) \cdot (1 - K_{п.з,i}), \quad (18)$$

где $Q_{н,i}$ – частота возникновения пожара в здании в течение года, определяемая на основании статистических данных, приведенных в таблице А3 Приложения А.

$K_{ап,i}$ – коэффициент, учитывающий соответствие установок АУП нормативных документов по пожарной безопасности. Значение параметра $K_{ап,i}$ принимается равным $K_{ап,i} = 0,9$, поскольку выполняется условие – здание оборудовано системой АУП, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

$P_{пр,i}$ – вероятность присутствия людей в здании, определяемая из соотношения:

$$P_{пр,i} = t_{функц,i} / 24, \quad (19)$$

где $t_{функц,i}$ – время нахождения людей в здании в часах;

$P_{э,i}$ – вероятность эвакуации людей;

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

Таблица А3 - Статистические данные о частоте возникновения пожара в зданиях

N 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, протоварные 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 многоквартирные	$1,9 \cdot 10^{-3}$

8. Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если:

$$Q_B \leq Q_B^H \quad (20)$$

где Q_B^H – нормативное значение индивидуального пожарного риска, $Q_B^H = 10^{-6}$ год⁻¹;

Q_B – расчетная величина индивидуального пожарного риска.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)
3 этаж



Рисунок Б1.1 – Сценарий 1, эвакуация с 3 этажа

2 этаж
Второй этаж



Рисунок Б1.2 – Сценарий 1, эвакуация со 2 этажа

1 этаж
Первый этаж

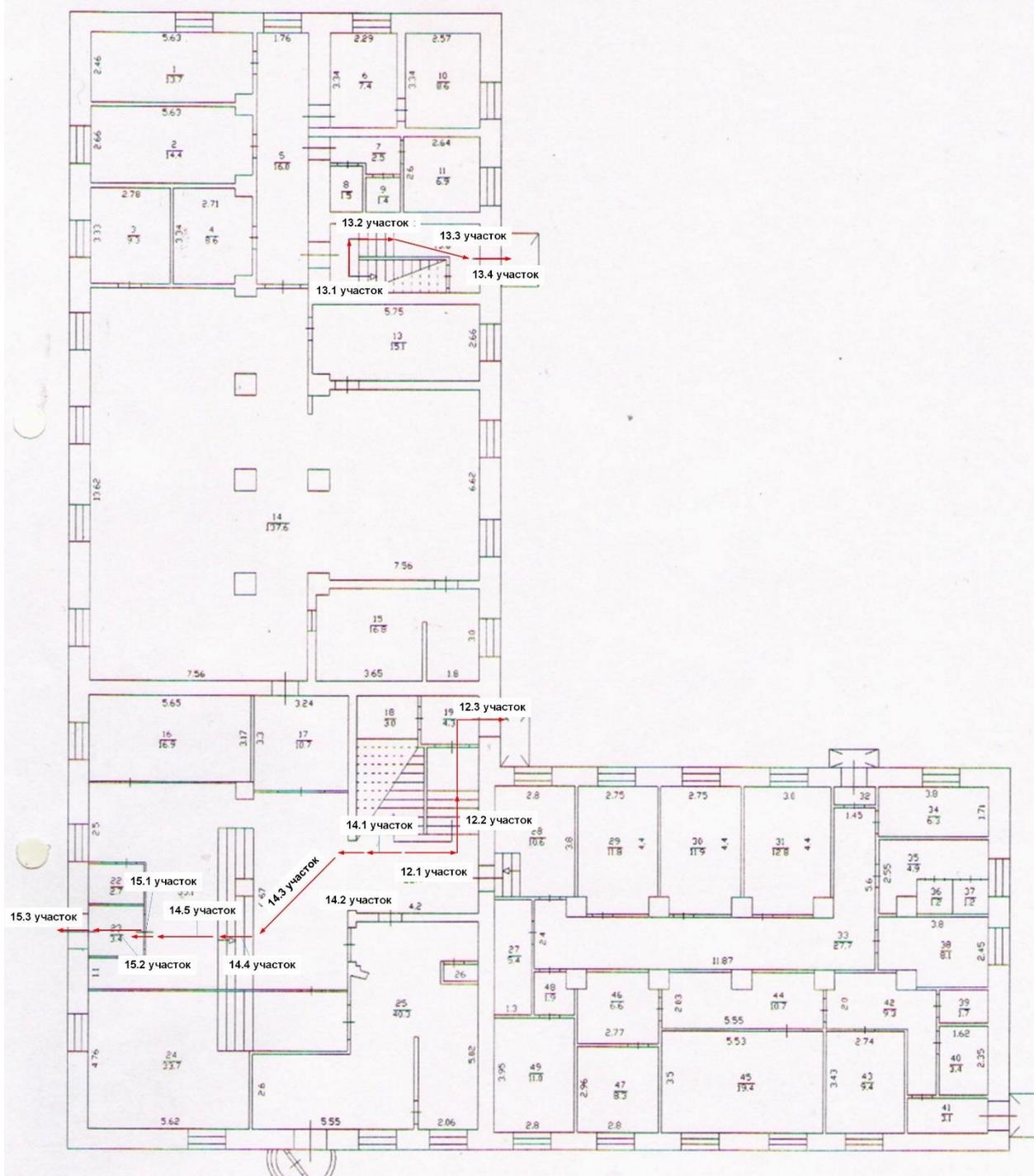


Рисунок Б1.3 – Сценарий 1, эвакуация с 1 этажа

3 этаж



Рисунок Б2.1 – Сценарий 2, эвакуация с 3 этажа

1 этаж
Первый этаж

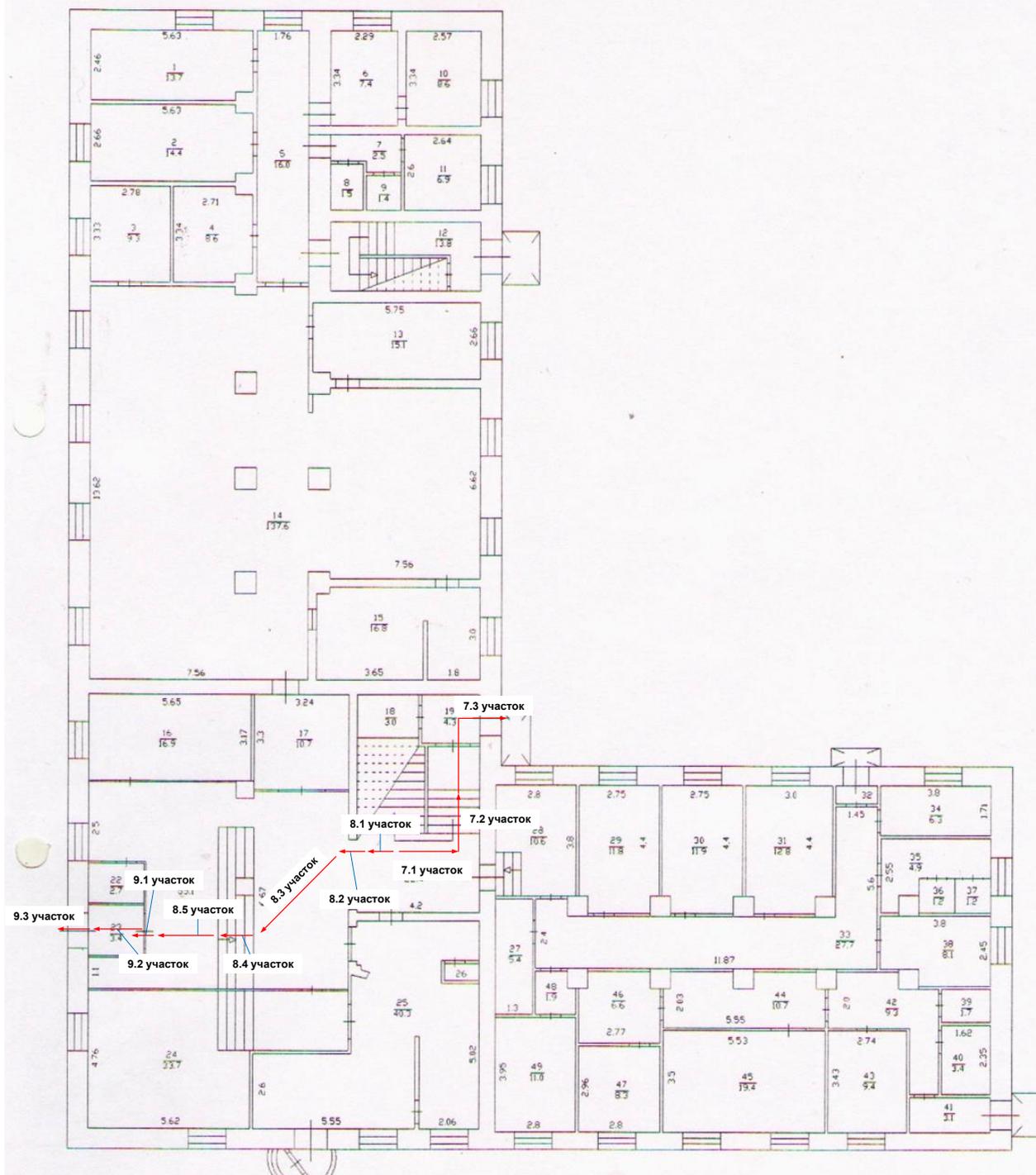


Рисунок Б2.3 – Сценарий 2, эвакуация с 1 этажа

2 этаж
Второй этаж



Рисунок Б3.1 – Сценарий 3, эвакуация со 2 этажа

1 этаж
Первый этаж

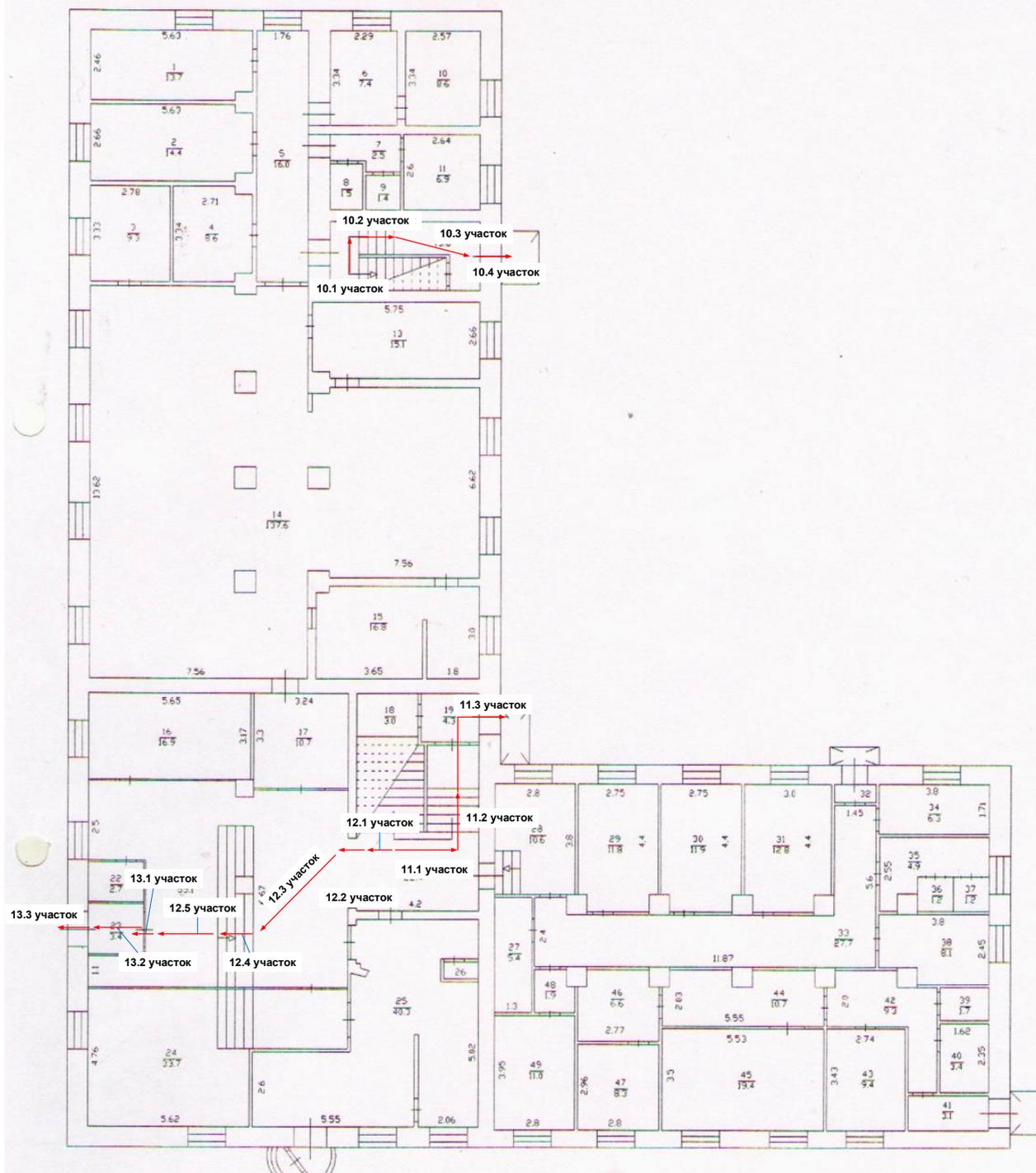


Рисунок Б3.2 – Сценарий 3, эвакуация со 1 этажа

1 этаж
Первый этаж

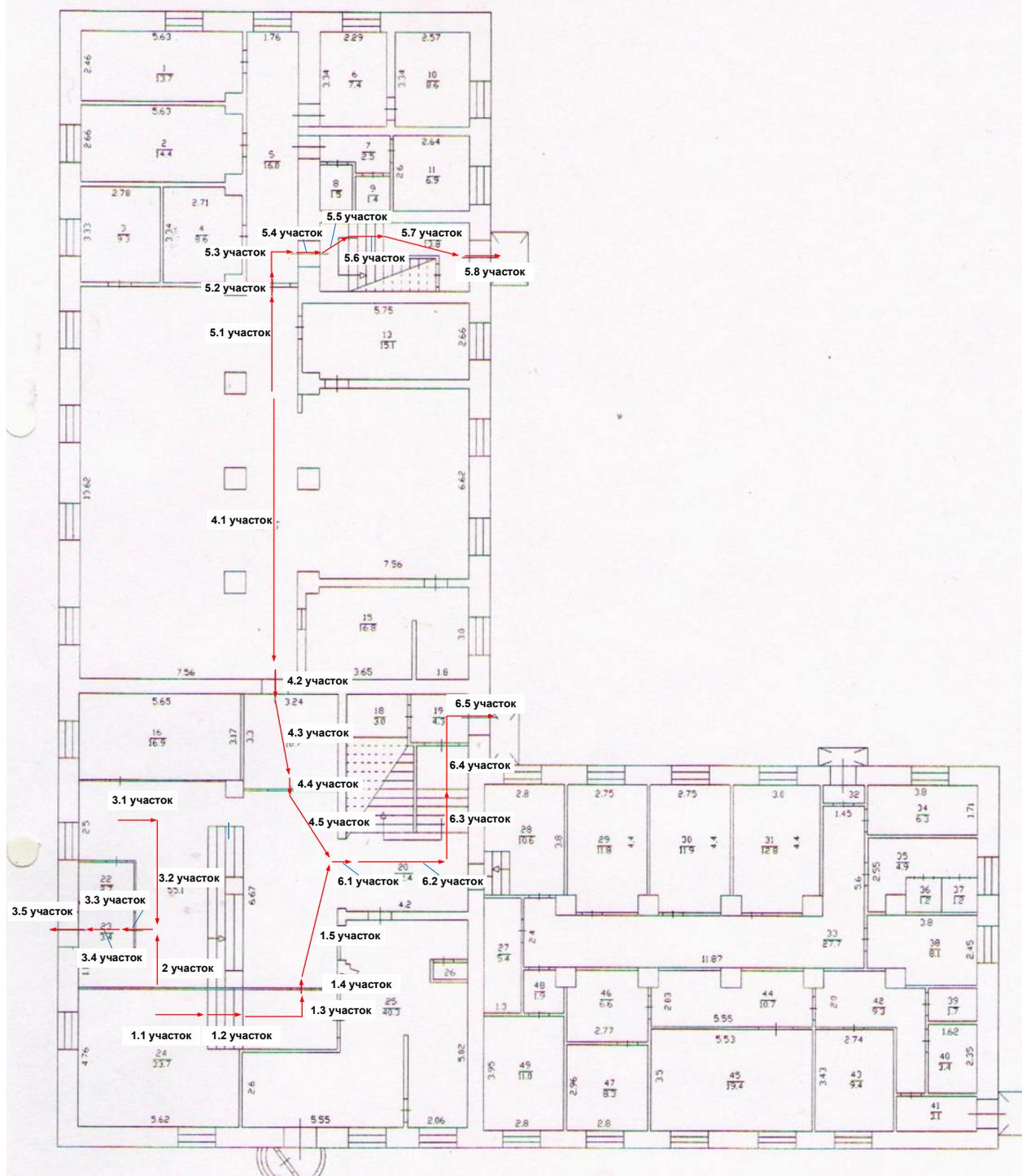


Рисунок Б4.1 – Сценарий 4, эвакуация с 1 этажа

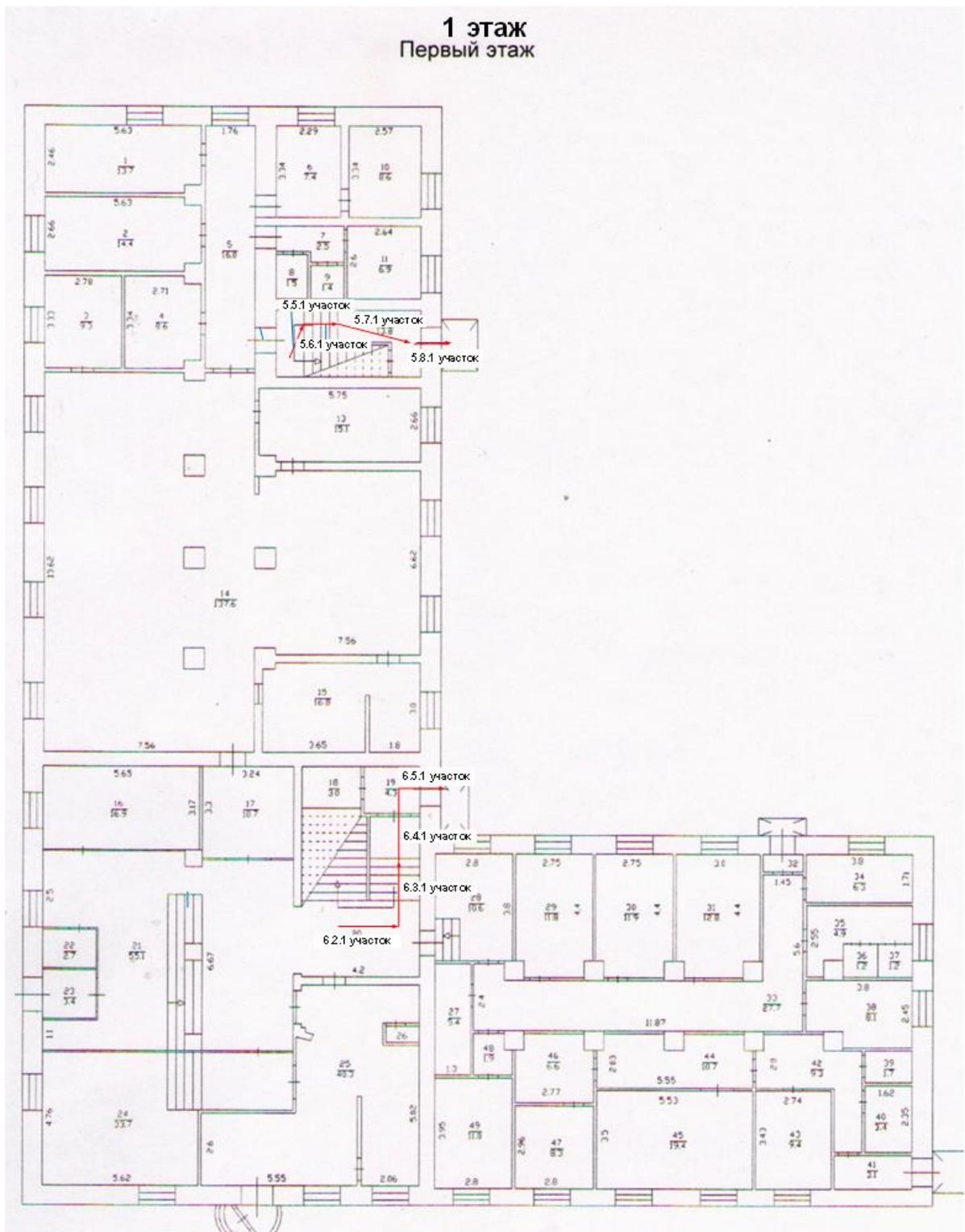


Рисунок Б4.2 – Сценарий 4, эвакуация людского потока с верхних этажей
через 1 этаж

ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

1) Расчет величины индивидуального пожарного риска по сценарию 2

В сценарии 2 пожар произошел в кабинете терапевта на 3 этаже санатория профилактория из-за замыкания в электрической сети. Местоположение очага пожара способствует быстрому распространению ОФП с последующим блокированием эвакуационных выходов.

Количество людей, находящихся в эвакуируемом кабинете – 2 человека.

Все участки пути по первому сценарию разобьем на 9 крупных участков при эвакуации (Приложение Б, рисунки Б2.1.-Б2.3).

1. Время начала эвакуации:

Исходя из класса функциональной пожарной опасности зданий и учета систем оповещения и управления эвакуацией, значение времени начала эвакуации $t_{нэ}$ для помещения очага пожара:

$$t_{нэ} = 1 \text{ мин}$$

2. Расчет времени эвакуации:

Первый участок: $N_1=23$ – число людей на участке; $l_1=30,8$ – длина участка, м; $\delta_1=1,8$ – ширина начального участка, м; $f = 0,1 \text{ м}^2/\text{чел}$ – средняя площадь проекции человека.

Рассчитываем плотность потока людей на первом участке пути эвакуации:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1} = \frac{23 \cdot 0,1}{30,8 \cdot 1,8} = 0,04 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=4$ м/мин, $V_n= 100$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №1:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{30,8}{100} = 0,31 \text{ мин}$$

Участок №2: $N_2 = 23+5=28$ чел; $l_2= 6,86$ м; $\delta_2 = 1,98$ м

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

$$D_2 = \frac{N_2 \cdot f}{l_2 \cdot \delta_2} = \frac{28 \cdot 0,1}{6,86 \cdot 1,98} = 0,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=12$ м/мин, $V_n= 60$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №2:

$$t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{6,86}{60} = 0,11 \text{ мин}$$

Участок №3: $N_3 = 15$ чел; $l_3= 17,5$ м; $\delta_3 = 1,93$ м

$$D_3 = \frac{N_3 \cdot f}{l_3 \cdot \delta_3} = \frac{15 \cdot 0,1}{17,5 \cdot 1,93} = 0,04 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=4$ м/мин, $V_n= 100$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №3:

$$t_3 = \frac{l_3}{v_3} = \frac{17,5}{100} = 0,175 \text{ мин}$$

Участок №4 (слияние участков в дверном проеме на центральной лестнице): Максимально возможная интенсивность движения людей в дверном проеме равняется $q_{\text{max}} = 19,6$ м/мин, рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_4 = 1,4$ м:

$$q_{d4} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_4 = 2,5 + 3,5 \cdot 1,4 = 7,4 \text{ м/мин}$$

$q_d \leq q_{max}$, следовательно движение через дверной проем на участке 4 проходит беспрепятственно.

Рассчитываем время эвакуации на участке №4:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения t_4 через дверной проем будет равной нулю.

Участок №5 эвакуация по центральной лестнице с 3 на 2 этаж (слияние эвакуирующихся с 4 и 3 этажа): $N_5 = 28 + 15 + 7 = 50$ чел; $l_5 = 6,8 \cdot 2 = 13,6$ м; $\delta_5 = 4,25$ м

$$D_5 = \frac{N_5 \cdot f}{l_5 \cdot \delta_5} = \frac{50 \cdot 0,1}{13,6 \cdot 4,25} = 0,09 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n = 8,6$ м/мин, $V_n = 96$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5:

$$t_5 = \frac{l_5}{v_5} = \frac{13,6}{96} = 0,14 \text{ мин}$$

Участок №6 эвакуация по центральной лестнице здания со 2 на 1 этаж (слияние эвакуирующихся с 4,3 и 2 этажа): $N_6 = 50 + 32 = 82$ чел; $l_6 = 6,8 \cdot 2 = 13,6$ м; $\delta_6 = 4,25$ м

$$D_6 = \frac{N_6 \cdot f}{l_6 \cdot \delta_6} = \frac{82 \cdot 0,1}{13,6 \cdot 4,25} = 0,14 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n = 11,1$ м/мин, $V_n = 84$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №6:

$$t_6 = \frac{l_6}{v_6} = \frac{13,6}{84} = 0,16 \text{ мин}$$

Участок №7 эвакуация по центральной лестнице здания с 1 этажа через выход под лестницей (слияние эвакуирующихся с 4, 3, 2 и 1 этажа). При этом, люди, не знающие о выходе под лестницей, направятся к главному выходу, следовательно произойдет разделение потока эвакуирующихся. Примерно 60% людей отправится по 8 участку. 7 участок состоит из лестницы и горизонтальной поверхности до эвакуационного выхода, следовательно расчет состоит из 3-х частей: 1 участок – движение по горизонтальной поверхности до лестницы: $N_7 = 32 + 4 = 36$ чел; $l_{7.1} = 4,2$ м; $\delta_{7.1} = 2$ м

$$D_{7.1} = \frac{N_{7.1} \cdot f}{l_{7.1} \cdot \delta_{7.1}} = \frac{36 \cdot 0,1}{4,2 \cdot 2} = 0,43 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 15,9$ м/мин, $V_n = 37$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №7.1:

$$t_{7.1} = \frac{l_{7.1}}{v_{7.1}} = \frac{4,2}{37} = 0,11 \text{ мин}$$

2 участок – движение по лестнице: $N_7 = 36$ чел; $l_{7.2} = 5,8 \cdot 2 = 11,6$ м; $\delta_{7.2} = 2,55$ м

$$D_{7.2} = \frac{N_{7.2} \cdot f}{l_{7.2} \cdot \delta_{7.2}} = \frac{36 \cdot 0,1}{11,6 \cdot 2,55} = 0,12 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n = 15,9$ м/мин, $V_n = 38$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №7.2:

$$t_{7.2} = \frac{l_{7.2}}{v_{7.2}} = \frac{11,6}{38} = 0,31 \text{ мин}$$

3 участок – движение по горизонтальной поверхности до эвакуационной двери: №7.3
=36 чел; $l_{7.3}=2,7+2,1=4,8$ м; $\delta_{7.3}=2$ м

$$D_{7.3} = \frac{N_{7.3} \cdot f}{l_{7.3} \cdot \delta_{7.3}} = \frac{36 \cdot 0,1}{4,8 \cdot 2} = 0,38 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=15,9$ м/мин, $V_n=42$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №7.3:

$$t_{7.3} = \frac{l_{7.3}}{v_{7.3}} = \frac{4,8}{42} = 0,11 \text{ мин}$$

Участок №8 эвакуация по центральной лестнице здания с 1 этажа через холл и главную дверь (слияние эвакуирующихся с 4, 3, 2 и 1 этажа). Участок №8 состоит из горизонтальных поверхностей и лестницы до эвакуационного выхода, следовательно расчет на этом участке состоит из 5-ти частей:

1 часть участка – движение по горизонтальной поверхности до холла:

$N_8=50$ чел; $l_{8.1}=1$ м; $\delta_{8.1}=1,8$ м

$$D_{14.1} = \frac{N_{8.1} \cdot f}{l_{8.1} \cdot \delta_{8.1}} = \frac{50 \cdot 0,1}{1 \cdot 1,8} = 2,8 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=13,5$ м/мин, $V_n=15$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №8.1:

$$t_{8.1} = \frac{l_{8.1}}{v_{8.1}} = \frac{1}{15} = 0,07 \text{ мин}$$

2 часть – дверной проем:

Интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{8.2}=1,6$ м равняется:

$$q_{d8.2} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_4 = 2,5 + 3,5 \cdot 1,6 = 8,2 \text{ м/мин}$$

движение через дверной проем на участке 8.2 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №8.2:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{8.2}$ через дверной проем будет равной нулю.

3 часть – движение через холл до лестницы со слиянием эвакуирующихся с 1 этажа:

$N_{8.3}=50+6=56$ чел; $l_{8.3}=4$ м; $\delta_{8.3}=8,6$ м

$$D_{8.3} = \frac{N_{8.3} \cdot f}{l_{8.3} \cdot \delta_{8.3}} = \frac{56 \cdot 0,1}{4 \cdot 8,6} = 0,16 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=10,4$ м/мин, $V_n=68$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №8.3:

$$t_{8.3} = \frac{l_{8.3}}{v_{8.3}} = \frac{4}{68} = 0,06 \text{ мин}$$

4 часть – движение по лестнице: №8.4=56 чел; $l_{8.4}=1$ м; $\delta_{8.4}=5,8$ м

$$D_{8.4} = \frac{N_{8.4} \cdot f}{l_{8.4} \cdot \delta_{8.4}} = \frac{56 \cdot 0,1}{1 \cdot 5,8} = 0,97 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n=7,2$ м/мин, $V_n=8$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №8.4:

$$t_{8.4} = \frac{l_{8.4}}{v_{8.4}} = \frac{1}{8} = 0,125 \text{ мин}$$

5 часть – движение от лестницы до двери по холлу: №8.5=56 чел; $l_{8.5}=3,3$ м; $\delta_{8.5}=8,9$ м

$$D_{8.5} = \frac{N_{8.5} \cdot f}{l_{8.5} \cdot \delta_{8.5}} = \frac{56 \cdot 0,1}{3,3 \cdot 8,9} = 0,19 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=11,6$ м/мин, $V_n=62$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №8.5:

$$t_{8.5} = \frac{l_{8.5}}{v_{8.5}} = \frac{3,3}{62} = 0,05 \text{ мин}$$

Участок №9 эвакуация через тамбур включает дверной проем, сам тамбур и главную дверь:

1 часть – дверной проем:

Интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{9.1}=0,78$ м равняется:

$$q_{d15.1} = 2,5 + 3,5 \cdot 0,78 = 5,23 \text{ м/мин}$$

движение через дверной проем на участке 9.1 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №9.1:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{9.1}$ через дверной проем будет равной нулю.

2 часть – движение через тамбур:

$N_{9.2}=56$ чел; $l_{9.2}=2,3$ м; $\delta_{9.2}=2,1$ м:

$$D_{9.2} = \frac{N_{9.2} \cdot f}{l_{9.2} \cdot \delta_{9.2}} = \frac{56 \cdot 0,1}{2,3 \cdot 2,1} = 1,16 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n=13,5$ м/мин, $V_n=15$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №9.2:

$$t_{9.2} = \frac{l_{9.2}}{v_{9.2}} = \frac{2,3}{15} = 0,15 \text{ мин}$$

3 часть – дверной проем главной двери:

Интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{9.3}=0,78$ м равняется:

$$q_{d9.3} = 2,5 + 3,5 \cdot 0,78 = 5,23 \text{ м/мин}$$

движение через дверной проем на участке 9.3 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №9.3:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{9.3}$ через дверной проем будет равной нулю.

Вычисляем общее расчетное время эвакуации людей с кабинета терапевта, находящегося на 3 этаже санатория профилактория ТПУ в случае развития пожара по сценарию №2:

$$\begin{aligned} t_p &= t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_{7.1} + \\ &+ t_{7.2} + t_{7.3} + t_{8.1} + t_{8.2} + t_{8.3} + t_{8.4} + t_{8.5} + t_{9.1} + t_{9.2} + t_{9.3} = \\ &= 0,31 + 0,11 + 0,175 + 0 + 0,14 + 0,16 + 0,11 + 0,31 + 0,11 + 0,07 + 0 \\ &+ 0,06 + 0,125 + 0,05 + 0 + 0,15 + 0 = 1,88 \text{ мин} \end{aligned}$$

$t_p = 1,88$ мин – рассчитанная величина времени эвакуации для второго сценария развития пожара.

3. Расчет времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара

Время блокирования рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{бл}} = \min\{t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}}, t_{\text{кр}}^{\text{T}}, t_{\text{кр}}^{\text{T.г.}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{T.п.}}\}$$

Для расчета используются следующие исходные данные:

Зона расположения пожарной нагрузки – кабинет врача

Длина кабинета – 5,48 м;

Ширина кабинета – 2,57 м;

Высота кабинета – 2,9 м;

Возгорание произошло при замыкании электрической сети.

3.1. Для расчета критического времени по повышенной температуре, в первую очередь рассчитываем параметры:

3.1.1. Свободный объем кабинета:

$$V = 0,8 \cdot V_{\text{кабинета}} = 0,8 \cdot 5,48 \cdot 2,57 \cdot 2,9 = 33 \text{ м}^3$$

3.1.2. Коэффициент полноты горения:

$$\eta_a = 0,63 + 0,2 \cdot X_{\text{ок},0} + 1500 \cdot X_{\text{ок},0}^6 = 0,63 + 0,2 \cdot 0,21 + 1500 \cdot 0,21^6 = 0,8$$

3.1.3. Зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения размерный комплекс:

$$B = \frac{353 \cdot c_p \cdot V}{(1 - \phi) \cdot \eta \cdot Q_H} = \frac{353 \cdot 1,054 \cdot 10^{-3} \cdot 33}{(1 - 0,55) \cdot 0,8 \cdot 14} = 2,45$$

3.1.4. Размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара:

$$A = 1,05 \cdot \psi_{\text{уд}} \cdot v^2 = 1,05 \cdot 0,014 \cdot 0,005^2 = 3,7 \cdot 10^{-7} \text{ кг/с}^n$$

3.1.5. Параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения:

Для начала рассчитываем высоту рабочей зоны:

$$h = h_{\text{пл}} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta = 0 + 1,7 - 0,5 \cdot 0 = 1,7 \text{ м}$$

Параметр:

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) = \frac{1,7}{2,9} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{2,9}\right) = 1,33$$

3.2 Рассчитываем критическое время по повышенной температуре:

$$\begin{aligned} t_{\text{кр}}^T &= \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n} = t_{\text{кр}}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n} = \\ &= \left\{ \frac{2,45}{3,7 \cdot 10^{-7}} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - 22}{(273 + 22) \cdot 1,33} \right] \right\}^{1/3} = 87,4 \text{ с} \end{aligned}$$

4 Рассчитываем критическое время по потере видимости:

$$\begin{aligned} t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}} &= \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{\text{пр}} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \\ &= \left\{ \frac{2,45}{3,7 \cdot 10^{-7}} \cdot \ln \left[1 - \frac{33 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 2,45 \cdot 47,7 \cdot 1,33} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 55,84 \text{ с} \end{aligned}$$

5 Рассчитываем критическое время по пониженному содержанию кислорода:

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

$$= \left\{ \frac{2,45}{3,7 \cdot 10^{-7}} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{2,45 \cdot 1,369}{33} + 0,27 \right) \cdot 1,33} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 81,46 \text{ с}$$

6 Расчет времени по каждому из газообразных токсичных продуктов горения

6.1 Расчет по угарному газу – CO:

$$t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{2,45}{3,7 \cdot 10^{-7}} \cdot \ln \left[1 - \frac{33 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{2,45 \cdot 0,03 \cdot 1,33} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 141,48 \text{ с}$$

6.2 Расчет по углекислому газу – CO₂:

$$t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{2,45}{3,7 \cdot 10^{-7}} \cdot \ln \left[1 - \frac{33 \cdot 0,11}{2,45 \cdot 1,478 \cdot 1,33} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 199,19 \text{ с}$$

6.3 В результате проведенных расчетов, минимальное время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара равняется:

$$t_{\text{бл}} = \min\{t_{\text{кр}}^{\text{П.В.}}, t_{\text{кр}}^{\text{Т}}, t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{Т.П.}}\} = 55,84 \text{ с}$$

7 Расчет величин пожарного риска в санатории-профилактории ТПУ

7.1 Рассчитываем вероятность эвакуации людей из здания санатория-профилактория ТПУ:

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

Для этого, проверим какое из условий выполняется:

$$t_{\text{р}} = 1,88 \text{ мин}$$

$$t_{\text{бл}} = 55,84 \text{ с} = 0,93 \text{ мин}$$

$$t_{\text{нэ}} = 0 \text{ мин}$$

Скопление людей образовалось на 4-х участках 8.1, 8.4, 9.2. Рассчитаем время существования скопления на всех участках:

$$t_{\text{ск}8.1} = \frac{50 \cdot 0,1}{13,5 \cdot 4} = 0,09 \text{ мин}$$

$$t_{\text{ск}8.4} = \frac{56 \cdot 0,1}{7,2 \cdot 3,3} = 0,24 \text{ мин}$$

После прохождения участка №9.2 людской поток направится на улицу через участок 9.3,

$$t_{\text{ск}9.2} = \frac{56 \cdot 0,1}{13,5 \cdot 0,78} = 0,53 \text{ мин}$$

Общее время скопления людей при эвакуации:

$$t_{\text{ск}} = 0,09 + 0,24 + 0,53 = 0,86 \text{ мин}$$

$$t_{\text{р}} = 3,152 > 0,8 \cdot t_{\text{бл}} = 0,744, \text{ то } P_{\text{э}} = 0.$$

7.2 Рассчитываем вероятность присутствия людей в здании:

$$P_{\text{пр}} = \frac{t_{\text{функц}}}{24} = \frac{10}{24} = 0,42$$

7.3 Определяем коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре:

$$K_{\text{п.з.}} = 1 - (1 - K_{\text{обн}} \cdot K_{\text{СОУЭ}}) \cdot (1 - K_{\text{обн}} \cdot K_{\text{ПДЗ}}) = 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0) = 0,64$$

7.4 Рассчитываем величину индивидуального пожарного риска для 2 сценария пожара:

$$Q_{в.2} = Q_{п} \cdot (1 - K_{ап}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_{э}) \cdot (1 - K_{п.з}) = 8,8 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0,9) \cdot 0,42 \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0,64) = 0,13 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

Таблица В1 – Результаты расчетов по 2 сценарию, кабинет терапевта

$t_{нэ2}$, МИН	$t_{р2}$, МИН	$t_{бл2}$, МИН	$t_{ск2}$, МИН	$P_{э}$	$P_{пр}$	$K_{п.з.}$	$Q_{в.2}$, ГОД ⁻¹
1	1,88	0,93	0,86	0	0,42	0,64	$0,13 \cdot 10^{-5}$

2) Расчет величины индивидуального пожарного риска по сценарию 3

В сценарии 3 пожар произошел в кабинете директора – главного врача на 2 этаже санатория профилактория из-за замыкания в электрической сети. Пламя распространяется по офисной мебели и оргтехнике (дерево, ДСП, хлопок, поролон, пластик).

Количество людей, находящихся в эвакуируемом кабинете – 1 человек.

Все участки пути по первому сценарию разобьем на 13 крупных участков при эвакуации (Приложение Б, рисунки Б3.1.-Б3.2).

1. Время начала эвакуации:

Исходя из класса функциональной пожарной опасности зданий и учета систем оповещения и управления эвакуацией, значение времени начала эвакуации $t_{нэ}$ для помещения очага пожара:

$$t_{нэ} = 1 \text{ мин}$$

2. Расчет времени эвакуации:

Первый участок: $N_1=2$ – число людей на участке; $l_1=7$ – длина участка, м; $\delta_1=1,8$ – ширина начального участка, м; $f = 0,1 \text{ м}^2/\text{чел}$ – средняя площадь проекции человека.

Рассчитываем плотность потока людей на первом участке пути эвакуации:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1} = \frac{2 \cdot 0,1}{7 \cdot 1,8} = 0,02 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=2 \text{ м/мин}$, $V_n= 100 \text{ м/мин}$.

Рассчитываем время эвакуации на участке №1:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{7}{100} = 0,07 \text{ мин}$$

Участок №2: $N_2 = 2+9=11$ чел; $l_2 = 6,86$ м; $\delta_2 = 1,98$ м

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

$$D_2 = \frac{N_2 \cdot f}{l_2 \cdot \delta_2} = \frac{11 \cdot 0,1}{6,86 \cdot 1,98} = 0,08 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=6,8 \text{ м/мин}$, $V_n= 88 \text{ м/мин}$.

Рассчитываем время эвакуации на участке №2:

$$t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{6,86}{88} = 0,08 \text{ мин}$$

Участок №3: $N_3 = 13$ чел; $l_3 = 17,5$ м; $\delta_3 = 1,93$ м

$$D_3 = \frac{N_3 \cdot f}{l_3 \cdot \delta_3} = \frac{13 \cdot 0,1}{17,5 \cdot 1,93} = 0,04 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=4 \text{ м/мин}$, $V_n= 100 \text{ м/мин}$.

Рассчитываем время эвакуации на участке №3:

$$t_3 = \frac{l_3}{v_3} = \frac{17,5}{100} = 0,175 \text{ мин}$$

Участок №4 (слияние участков в дверном проеме на центральной лестнице):

Максимально возможная интенсивность движения людей в дверном проеме равняется $q_{\max} = 19,6$ м/мин, рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_4 = 1,4$ м:

$$q_{d4} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_4 = 2,5 + 3,5 \cdot 1,4 = 7,4 \text{ м/мин}$$

$q_d \leq q_{\max}$, следовательно движение через дверной проем на участке 4 проходит беспрепятственно.

Рассчитываем время эвакуации на участке №4:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения t_4 через дверной проем будет равной нулю.

Участок №5 эвакуация по центральной лестнице со 2 на 1 этаж (слияние эвакуирующихся с 4, 3 и 2 этажа): $N_5 = 11 + 13 + 36 = 60$ чел; $l_5 = 6,8 \cdot 2 = 13,6$ м; $\delta_5 = 4,25$ м

$$D_5 = \frac{N_5 \cdot f}{l_5 \cdot \delta_5} = \frac{60 \cdot 0,1}{13,6 \cdot 4,25} = 0,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n = 8$ м/мин, $V_n = 80$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5:

$$t_5 = \frac{l_5}{v_5} = \frac{13,6}{80} = 0,17 \text{ мин}$$

Участок №6: $N_6 = 7$ чел; $l_6 = 13$ м; $\delta_6 = 1,8$ м

$$D_6 = \frac{N_6 \cdot f}{l_6 \cdot \delta_6} = \frac{7 \cdot 0,1}{13 \cdot 1,8} = 0,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 14,1$ м/мин, $V_n = 47$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №6:

$$t_6 = \frac{l_6}{v_6} = \frac{13}{47} = 0,28 \text{ мин}$$

Участок №7: $N_7 = 4$ чел; $l_7 = 6,8$ м; $\delta_7 = 1,8$ м

$$D_7 = \frac{N_7 \cdot f}{l_7 \cdot \delta_7} = \frac{4 \cdot 0,1}{6,8 \cdot 1,8} = 0,03 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 5$ м/мин, $V_n = 100$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №7:

$$t_7 = \frac{l_7}{v_7} = \frac{6,8}{100} = 0,068 \text{ мин}$$

Участок №8 (слияние участков в дверном проеме на запасной лестнице):

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_8 = 0,9$ м:

$$q_{d8} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_8 = 2,5 + 3,5 \cdot 0,9 = 5,65 \text{ м/мин}$$

$q_d \leq q_{\max} = 19,6$ м/мин, следовательно движение через дверной проем на участке 8 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №8:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения t_8 через дверной проем будет равной нулю.

Участок №9 эвакуация по запасной лестнице в левом крыле здания со 2 на 1 этаж (слияние эвакуирующихся с 4, 3 и 2 этажа): $N_9 = 7 + 4 + 8 = 19$ чел; $l_9 = 5,8 \cdot 2 = 11,6$ м; $\delta_9 = 2,55$ м

$$D_9 = \frac{N_9 \cdot f}{l_9 \cdot \delta_9} = \frac{19 \cdot 0,1}{11,6 \cdot 2,55} = 0,06 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n=5,9$ м/мин, $V_n=99$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №9:

$$t_9 = \frac{l_9}{v_9} = \frac{11,6}{99} = 0,12 \text{ мин}$$

Участок №10 эвакуация по лестнице с 1 этажа до запасной эвакуационной двери:

Участок 10.1 – эвакуация по лестничной площадке на 1 этаже запасного выхода:

$N_{10}=19$ чел; $l_{10.1}=2,5$ м; $\delta_{10.1}=1$ м

$$D_{10.1} = \frac{N_{10.1} \cdot f}{l_{10.1} \cdot \delta_{10.1}} = \frac{19 \cdot 0,1}{2,5 \cdot 1} = 0,76 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=20,6$ м/мин, $V_n=15,6$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №10.1:

$$t_{10.1} = \frac{l_{10.1}}{v_{10.1}} = \frac{2,5}{15,6} = 0,16 \text{ мин}$$

Участок 10.2 – эвакуация по лестничному пролету с 1 этажа запасного выхода:

$N_{10}=19$ чел; $l_{10.2}=1$ м; $\delta_{10.2}=1,2$ м

$$D_{10.2} = \frac{N_{10.2} \cdot f}{l_{10.2} \cdot \delta_{10.2}} = \frac{19 \cdot 0,1}{1 \cdot 1,2} = 1,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=7,2$ м/мин, $V_n=8$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №10.2:

$$t_{10.2} = \frac{l_{10.2}}{v_{10.2}} = \frac{1}{8} = 0,125 \text{ мин}$$

Участок 10.3 – эвакуация по лестничной площадке на 1 этаже запасного выхода:

$N_{10}=19$ чел; $l_{10.3}=3,4$ м; $\delta_{10.3}=1$ м

$$D_{10.3} = \frac{N_{10.3} \cdot f}{l_{10.3} \cdot \delta_{10.3}} = \frac{19 \cdot 0,1}{3,4 \cdot 1} = 0,56 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=16,38$ м/мин, $V_n=30$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №10.3:

$$t_{10.3} = \frac{l_{10.3}}{v_{10.3}} = \frac{3,4}{30} = 0,11 \text{ мин}$$

Участок 10.4 – эвакуация через запасную дверь:

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{10.4}=1$ м:

$$q_{d10.4} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{10.4} = 2,5 + 3,5 \cdot 1 = 6 \text{ м/мин}$$

$q_{d10.4} \leq q_{max}=19,6$ м/мин, следовательно движение через эвакуационный дверной проем на участке 10.4 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №10.4:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{10.4}$ через дверной проем будет равной нулю.

Участок №11 эвакуация по центральной лестнице здания с 1 этажа через выход под лестницей (слияние эвакуирующихся с 4, 3, 2 и 1 этажа). При этом, люди, не знающие о выходе под лестницей, направятся к главному выходу, следовательно произойдет разделение потока эвакуирующихся. Примерно 60% людей отправится по 12 участку. 11

участок состоит из лестницы и горизонтальной поверхности до эвакуационного выхода, следовательно расчет состоит из 3-х частей:
1 участок – движение по горизонтальной поверхности до лестницы: $N_{11} = 40\% \cdot 60 = 24$ чел;
 $l_{11.1} = 4,2$ м; $\delta_{11.1} = 2$ м

$$D_{11.1} = \frac{N_{11.1} \cdot f}{l_{11.1} \cdot \delta_{11.1}} = \frac{24 \cdot 0,1}{4,2 \cdot 2} = 0,29 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице 2 методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 13,9$ м/мин, $V_n = 48$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №11.1:

$$t_{11.1} = \frac{l_{11.1}}{v_{11.1}} = \frac{4,2}{48} = 0,09 \text{ мин}$$

2 участок – движение по лестнице: $N_{11} = 24$ чел; $l_{11.2} = 5,8 \cdot 2 = 11,6$ м; $\delta_{11.2} = 2,55$ м

$$D_{11.2} = \frac{N_{11.2} \cdot f}{l_{11.2} \cdot \delta_{11.2}} = \frac{24 \cdot 0,1}{11,6 \cdot 2,55} = 0,08 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n = 6,8$ м/мин, $V_n = 88$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №11.2:

$$t_{11.2} = \frac{l_{11.2}}{v_{11.2}} = \frac{11,6}{88} = 0,13 \text{ мин}$$

3 участок – движение по горизонтальной поверхности до эвакуационной двери: $N_{11} = 24$ чел; $l_{11.3} = 2,7 + 2,1 = 4,8$ м; $\delta_{11.3} = 2$ м

$$D_{11.3} = \frac{N_{11.3} \cdot f}{l_{11.3} \cdot \delta_{11.3}} = \frac{24 \cdot 0,1}{4,8 \cdot 2} = 0,25 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 13$ м/мин, $V_n = 43,5$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №11.3:

$$t_{11.3} = \frac{l_{11.3}}{v_{11.3}} = \frac{4,8}{43,5} = 0,11 \text{ мин}$$

Участок №12 эвакуация по центральной лестнице здания с 1 этажа через холл и главную дверь (слияние эвакуирующихся с 4, 3, 2 и 1 этажа). Участок №12 состоит из горизонтальных поверхностей и лестницы до эвакуационного выхода, следовательно расчет на этом участке состоит из 5-ти частей:

1 часть участка – движение по горизонтальной поверхности до холла:

$N_{12} = 36$ чел; $l_{12.1} = 1$ м; $\delta_{12.1} = 1,8$ м

$$D_{12.1} = \frac{N_{12.1} \cdot f}{l_{12.1} \cdot \delta_{12.1}} = \frac{3 \cdot 0,1}{1 \cdot 1,8} = 2 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 13,5$ м/мин, $V_n = 15$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №12.1:

$$t_{12.1} = \frac{l_{12.1}}{v_{12.1}} = \frac{1}{15} = 0,07 \text{ мин}$$

2 часть – дверной проем:

Интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{12.2} = 1,6$ м равняется:

$$q_{d12.2} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{12.2} = 2,5 + 3,5 \cdot 1,6 = 8,1 \text{ м/мин}$$

$q_{d12.2} \leq q_{max} = 18,1$ м/мин, следовательно движение через эвакуационный дверной проем на участке 12,2 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №12.2:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{12.2}$ через дверной проем будет равно нулю.

3 часть – движение через холл до лестницы со слинием эвакуирующихся с 1 этажа:

$N_{12.3}=36+7=43$ чел; $l_{12.3}=4$ м; $\delta_{12.3}=8,6$ м

$$D_{12.3} = \frac{N_{12.3} \cdot f}{l_{12.3} \cdot \delta_{12.3}} = \frac{43 \cdot 0,1}{4 \cdot 8,6} = 0,13 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=9,2$ м/мин, $V_n=74$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №12.3:

$$t_{12.3} = \frac{l_{12.3}}{v_{12.3}} = \frac{4}{74} = 0,05 \text{ мин}$$

4 часть – движение по лестнице: $N_{12}=43$ чел; $l_{12.4}=1$ м; $\delta_{12.4}=5,8$ м

$$D_{12.4} = \frac{N_{12.4} \cdot f}{l_{12.4} \cdot \delta_{12.4}} = \frac{43 \cdot 0,1}{1 \cdot 5,8} = 0,74 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n=11,7$ м/мин, $V_n=16$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №12.4:

$$t_{12.4} = \frac{l_{12.4}}{v_{12.4}} = \frac{1}{16} = 0,06 \text{ мин}$$

5 часть – движение от лестницы до двери по холлу: $N_{12}=43$ чел; $l_{12.5}=3,3$ м; $\delta_{12.5}=8,9$ м

$$D_{12.5} = \frac{N_{12.5} \cdot f}{l_{12.5} \cdot \delta_{12.5}} = \frac{43 \cdot 0,1}{3,3 \cdot 8,9} = 0,15 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=11$ м/мин, $V_n=70$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №12.5:

$$t_{12.5} = \frac{l_{12.5}}{v_{12.5}} = \frac{3,3}{70} = 0,05 \text{ мин}$$

Участок №13 эвакуация через тамбур проходит через дверной проем, сам тамбур и главную дверь:

1 часть – дверной проем:

Интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{13.1}=0,78$ м равняется:

$$q_{d13.1} = 2,5 + 3,5 \cdot 0,78 = 5,23 \text{ м/мин}$$

движение через дверной проем на участке 13.1 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №13.1:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{13.1}$ через дверной проем будет равно нулю.

2 часть – движение через тамбур:

$N_{13}=43$ чел; $l_{13.2}=2,3$ м; $\delta_{13.2}=2,1$ м:

$$D_{13.2} = \frac{N_{13.2} \cdot f}{l_{13.2} \cdot \delta_{13.2}} = \frac{43 \cdot 0,1}{2,3 \cdot 2,1} = 0,89 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n=14$ м/мин, $V_n=15,4$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №13.2:

$$t_{13.2} = \frac{l_{13.2}}{v_{13.2}} = \frac{2,3}{15,4} = 0,15 \text{ мин}$$

3 часть – дверной проем главной двери:

Интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{13.3} = 0,78$ м равняется:

$$q_{a13.3} = 2,5 + 3,5 * 0,78 = 5,23 \text{ м/мин}$$

движение через дверной проем на участке 13.3 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №13.3:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{13.3}$ через дверной проем будет равной нулю.

Вычисляем общее расчетное время эвакуации людей с кабинета физиотерапии, находящегося на 3 этаже санатория профилактория ТПУ в случае развития пожара по сценарию №3:

$$\begin{aligned} t_p &= t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10.1} + \\ &+ t_{10.2} + t_{10.3} + t_{11.1} + t_{11.2} + t_{11.3} + t_{12.1} + t_{12.2} + t_{12.3} + t_{12.4} + \\ &+ t_{12.5} + t_{13.1} + t_{13.2} + t_{13.3} = 0,07 + 0,08 + 0,175 + \\ &+ 0 + 0,17 + 0,28 + 0,068 + 0 + 0,12 + 0,16 + 0,125 + 0,11 + \\ &+ 0 + 0,09 + 0,13 + 0,11 + 0,07 + 0 + 0,05 + 0,06 + 0,05 + 0 + 0,15 + 0 == 2,068 \text{ мин} \\ t_p &= 2,068 \text{ мин} - \text{рассчитанная величина времени эвакуации для первого сценария} \\ &\text{развития пожара.} \end{aligned}$$

3. Расчет времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара

Время блокирования рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{бл}} = \min\{t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}}, t_{\text{кр}}^{\text{T}}, t_{\text{кр}}^{\text{т.г.}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{т.п.}}\}$$

Для расчета используются следующие исходные данные:

Зона расположения пожарной нагрузки – кабинет врача

Длина кабинета – 5,75 м;

Ширина кабинета – 6,14 м;

Высота кабинета – 2,9 м;

Возгорание произошло при замыкании электрической сети.

3.1. Для расчета критического времени по повышенной температуре, в первую очередь рассчитываем параметры:

3.1.1. Свободный объем кабинета:

$$V = 0,8 \cdot V_{\text{кабинета}} = 0,8 \cdot 5,75 \cdot 6,14 \cdot 2,9 = 82 \text{ м}^3$$

3.1.2. Коэффициент полноты горения:

$$\eta_a = 0,63 + 0,2 \cdot X_{\text{ох},0} + 1500 \cdot X_{\text{ох},0}^6 = 0,63 + 0,2 \cdot 0,21 + 1500 \cdot 0,21^6 = 0,8$$

3.1.3. Зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения размерный комплекс:

$$B = \frac{353 \cdot c_p \cdot V}{(1 - \phi) \cdot \eta \cdot Q_n} = \frac{353 \cdot 1,054 \cdot 10^{-3} \cdot 82}{(1 - 0,55) \cdot 0,8 \cdot 14} = 6,05$$

3.1.4. Размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара:

$$A = 1,05 \cdot \psi_{\text{уд}} \cdot v^2 = 1,05 \cdot 0,014 \cdot 0,005^2 = 3,7 \cdot 10^{-7} \text{ кг/с}^n$$

3.1.5. Параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения:

Для начала рассчитываем высоту рабочей зоны:

$$h = h_{\text{пл}} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta = 0 + 1,7 - 0,5 \cdot 0 = 1,7 \text{ м}$$

Параметр:

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) = \frac{1,7}{2,9} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{2,9}\right) = 1,3$$

3.2 Рассчитываем критическое время по повышенной температуре:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n} = t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n} =$$

$$= \left\{ \frac{6,05}{3,7 \cdot 10^{-7}} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - 22}{(273 + 22) \cdot 1,33} \right] \right\}^{1/3} = 117,77 \text{ с}$$

4. Рассчитываем критическое время по потере видимости:

$$t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{np} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} =$$

$$= \left\{ \frac{6,05}{3,7 \cdot 10^{-7}} \cdot \ln \left[1 - \frac{82 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 6,05 \cdot 47,7 \cdot 1,33} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 75,4 \text{ с}$$

5. Рассчитываем критическое время по пониженному содержанию кислорода:

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

$$= \left\{ \frac{6,05}{3,7 \cdot 10^{-7}} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{6,05 \cdot 1,369}{82} + 0,27 \right) \cdot 1,33} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 109,82 \text{ с}$$

6. Расчет времени по каждому из газообразных токсичных продуктов горения

6.1. Расчет по угарному газу – CO:

$$t_{кр}^{т.г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{6,05}{3,7 \cdot 10^{-7}} \cdot \ln \left[1 - \frac{82 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{6,05 \cdot 0,03 \cdot 1,33} \right]^{-1} \right\}^{1/2} = 191,16 \text{ с}$$

6.2. Расчет по углекислому газу – CO₂:

$$t_{кр}^{т.г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{6,05}{3,7 \cdot 10^{-7}} \cdot \ln \left[1 - \frac{82 \cdot 0,11}{6,05 \cdot 1,478 \cdot 1,33} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 269,65 \text{ с}$$

6.3. В результате проведенных расчетов, минимальное время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара равняется:

$$t_{бл} = \min\{t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^T, t_{кр}^{т.г.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{т.п.}\} = 75,4 \text{ с}$$

7. Расчет величин пожарного риска в санатории-профилактории ТПУ

7.1. Рассчитываем вероятность эвакуации людей из здания санатория-профилактория ТПУ:

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

Для этого, проверим какое из условий выполняется:

$$t_p = 2,068 \text{ мин}$$

$$t_{бл} = 75,4 \text{ с} = 1,26 \text{ мин}$$

$$t_{нэ} = 0 \text{ мин}$$

Скопление людей образовалось на 2-х участках 10.2, 12.1. Рассчитаем время существования скопления на всех участках:

$$t_{ск10.2} = \frac{19 \cdot 0,1}{1,5 \cdot 1} = 1,27 \text{ мин}$$

$$t_{ск12.1} = \frac{36 \cdot 0,1}{8 \cdot 1} = 0,45 \text{ мин}$$

Общее время скопления людей при эвакуации:

$$t_{ск} = 1,27 + 0,45 = 1,72 \text{ мин}$$

Так как $t_p=2,068 > 0,8 \cdot t_{бл}=0,512$, то $P_э=0$.

7.2. Рассчитываем вероятность присутствия людей в здании:

$$P_{пр} = \frac{t_{функц}}{24} = \frac{10}{24} = 0,42$$

7.3. Определяем коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре:

$$K_{п.з.} = 1 - (1 - K_{обн} \cdot K_{СОУЭ}) \cdot (1 - K_{обн} \cdot K_{ПДЗ}) = 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0) = 0,64$$

7.4. Рассчитываем величину индивидуального пожарного риска для 3 сценария пожара:

$$Q_{в.з.} = Q_{п.} \cdot (1 - K_{ап}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_э) \cdot (1 - K_{п.з.}) = 8,8 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0,9) \cdot 0,42 \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0,64) = 0,13 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

Таблица В2 – Результаты расчетов по 3 сценарию, кабинет директора

$t_{нэ3}$, МИН	$t_{р3}$, МИН	$t_{бл3}$, МИН	$t_{ск3}$, МИН	$P_э$	$P_{пр}$	$K_{п.з.}$	$Q_{в.з.}$, ГОД ⁻¹
1	2,068	0,64	1,72	0	0,42	0,64	$0,13 \cdot 10^{-5}$

3) Расчет величины индивидуального пожарного риска по сценарию 4

В сценарии 4 пожар произошел в гардеробе на 1 этаже санатория профилактория из-за замыкания в электрической сети. Пламя распространяется по тканям и имеющейся мебели.

Количество людей, находящихся в эвакуируемом помещении – 1 человек.

Все участки пути по первому сценарию разобьем на 6 крупных участков при эвакуации (Приложение Б, рисунок Б4.1).

1. Время начала эвакуации:

Исходя из класса функциональной пожарной опасности зданий и учета систем оповещения и управления эвакуацией, значение времени начала эвакуации $t_{нэ}$ для помещения очага пожара:

$$t_{нэ} = 1 \text{ мин}$$

2. Расчет времени эвакуации:

1 участок – разбит на 6 частей, эвакуация гардеробщицы из помещения гардероба:

Участок №1.1 – эвакуация от окна гардероба до лестницы:

$N_1=1$ – число людей на участке; $l_{1.1}=2,2$ м – длина участка, м; $\delta_{1.1}=2$ м – ширина начального участка, м; $f=0,1$ м²/чел – средняя площадь проекции человека.

Рассчитываем плотность потока людей на первом участке пути эвакуации:

$$D_{1.1} = \frac{N_{1.1} \cdot f}{l_{1.1} \cdot \delta_{1.1}} = \frac{2 \cdot 0,1}{2,2 \cdot 2} = 0,05 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=5$ м/мин, $V_n=100$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №1.1:

$$t_{1.1} = \frac{l_{1.1}}{v_{1.1}} = \frac{2,2}{100} = 0,022 \text{ мин}$$

Участок №1.2 – движение по лестнице вверх:

$N_{1.2}=1$ чел; $l_{1.2}=1$ м; $\delta_{1.2}=2$ м

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

$$D_{1.2} = \frac{N_{1.2} \cdot f}{l_{1.2} \cdot \delta_{1.2}} = \frac{2 \cdot 0,1}{1 \cdot 2} = 0,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=5,3$ м/мин, $V_n=53$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №1.2:

$$t_{1.2} = \frac{l_{1.2}}{v_{1.2}} = \frac{1}{53} = 0,019 \text{ мин}$$

Участок №1.3 движение по горизонтальной поверхности до дверного проема: $N_{1.3}=1$ чел; $l_{1.3}=3$ м; $\delta_{1.3}=2$ м

$$D_{1.3} = \frac{N_{1.3} \cdot f}{l_{1.3} \cdot \delta_{1.3}} = \frac{1 \cdot 0,1}{3 \cdot 2} = 0,02 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=2$ м/мин, $V_n=100$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №1.3:

$$t_{1.3} = \frac{l_{1.3}}{v_{1.3}} = \frac{3}{100} = 0,03 \text{ мин}$$

Участок №1.4 – движение через дверной проем:

Максимально возможная интенсивность движения людей в дверном проеме равняется $q_{max} = 19,6$ м/мин, рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{1.4}=0,8$ м:

$$q_{d1.4} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{1.4} = 2,5 + 3,5 \cdot 0,8 = 5,3 \text{ м/мин}$$

$q_d \leq q_{max}$, следовательно движение через дверной проем на участке 1.4 проходит беспрепятственно.

Рассчитываем время эвакуации на участке №1.4:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{1.4}$ через дверной проем будет равной нулю.

Участок №1.5 эвакуация по холлу 1 этажа до слияния эвакуирующихся в дверном проеме: $N_{1.5}=1$ чел; $l_{1.5}=4$ м; $\delta_{1.5}=3,2$ м

$$D_{1.5} = \frac{N_{1.5} \cdot f}{l_{1.5} \cdot \delta_{1.5}} = \frac{1 \cdot 0,1}{4 \cdot 3,2} = 0,01 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n=1$ м/мин, $V_n=100$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №1.5:

$$t_{1.5} = \frac{l_{1.5}}{v_{1.5}} = \frac{4}{100} = 0,04 \text{ мин}$$

Участок №2 – эвакуация людей, сдающих вещи в гардероб:

$N_2=2$ чел; $l_2=1,8$ м; $\delta_2=2,8$ м

$$D_2 = \frac{N_2 \cdot f}{l_2 \cdot \delta_2} = \frac{2 \cdot 0,1}{1,8 \cdot 2,8} = 0,04 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=4$ м/мин, $V_n=100$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №2:

$$t_2 = \frac{l_2}{v_2} = \frac{1,8}{100} = 0,018 \text{ мин}$$

Участок №3.1 – эвакуация администратора, пациента и вахтера возможна через главный вход до блокирования его ОФП:

$N_{3.1} = 3$ чел; $l_{3.1} = 1,8$ м; $\delta_{3.1} = 3$ м

$$D_{3.1} = \frac{N_{3.1} \cdot f}{l_{3.1} \cdot \delta_{3.1}} = \frac{3 \cdot 0,1}{1,8 \cdot 3} = 0,06 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 5,03$ м/мин, $V_n = 99,8$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №7:

$$t_{3.1} = \frac{l_{3.1}}{v_{3.1}} = \frac{1,8}{99,8} = 0,018 \text{ мин}$$

Участок №3.2:

$N_{3.2} = 3$ чел; $l_{3.2} = 1,8$ м; $\delta_{3.2} = 3$ м

$$D_{3.2} = \frac{N_{3.2} \cdot f}{l_{3.2} \cdot \delta_{3.2}} = \frac{3 \cdot 0,1}{4,2 \cdot 3} = 0,02 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 2$ м/мин, $V_n = 100$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №3.2:

$$t_{3.2} = \frac{l_{3.2}}{v_{3.2}} = \frac{4,2}{100} = 0,04 \text{ мин}$$

Участок №3.3 (слияние участков в дверном проеме главного входа):

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{3.3} = 0,78$ м:

$$q_{d3.3} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{3.3} = 2,5 + 3,5 \cdot 0,78 = 5,23 \text{ м/мин}$$

$q_d \leq q_{max} = 19,6$ м/мин, следовательно движение через дверной проем на участке 3.3 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №3.3:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{3.3}$ через дверной проем будет равной нулю.

Участок №3.4 – движение через тамбур:

$N_{3.4} = 3 + 2 = 5$ чел; $l_{3.4} = 2,3$ м; $\delta_{3.4} = 2,1$ м:

$$D_{3.4} = \frac{N_{3.4} \cdot f}{l_{3.4} \cdot \delta_{3.4}} = \frac{5 \cdot 0,1}{2,3 \cdot 2,1} = 0,1 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n = 8$ м/мин, $V_n = 80$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №3.4:

$$t_{3.4} = \frac{l_{3.4}}{v_{3.4}} = \frac{2,3}{80} = 0,029 \text{ мин}$$

Участок №3.5 – дверной проем главной двери:

Интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{3.5} = 0,78$ м равняется:

$$q_{d3.5} = 2,5 + 3,5 \cdot 0,78 = 5,23 \text{ м/мин}$$

движение через дверной проем на участке 3.5 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №3.5:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{3.5}$ через дверной проем будет равной нулю.

В рассматриваемом сценарии эвакуация людей с участков 2-3.5 происходит за 6,3 с, что меньше времени блокирования выходов ОФП, значит эвакуация через главный вход возможна при выбранных данных сценария.

Рассмотрим эвакуацию из столовой. Со стороны столовой имеется запасной эвакуационный выход, о котором точно знает работающий персонал. Почти все находящиеся в обеденном зале студенты отправятся к холлу, поскольку они знают о выходе через главный вход в здание, и только малое количество людей (max 10-15%) эвакуируется совместно с персоналом через запасную дверь.

Участок №4.1 эвакуация через обеденный зал:

$N_{4.1} = 55$ чел; $l_{4.1} = 10$ м; $\delta_{4.1} = 1,8$ м

$$D_{4.1} = \frac{N_{4.1} \cdot f}{l_{4.1} \cdot \delta_{4.1}} = \frac{55 \cdot 0,1}{10 \cdot 1,8} = 0,3 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n = 14,1$ м/мин, $V_n = 47$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №4.1:

$$t_{4.1} = \frac{l_{4.1}}{v_{4.1}} = \frac{10}{47} = 0,21 \text{ мин}$$

Участок №4.2 эвакуация через дверной проем:

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{4.2} = 1,3$ м:

$$q_{d4.2} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{3.3} = 2,5 + 3,5 \cdot 1,3 = 7,05 \text{ м/мин}$$

$q_d \leq q_{max} = 16,5$ м/мин, следовательно движение через дверной проем на участке 4.2 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №4.2:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{4.2}$ через дверной проем будет равной нулю.

Участок №4.3 эвакуация через обеденный зал:

$N_{4.3} = 55$ чел; $l_{4.3} = 3,4$ м; $\delta_{4.3} = 3,24$ м

$$D_{4.1} = \frac{N_{4.1} \cdot f}{l_{4.1} \cdot \delta_{4.1}} = \frac{55 \cdot 0,1}{3,4 \cdot 3,24} = 0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n = 16,5$ м/мин, $V_n = 33$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №4.3:

$$t_{4.3} = \frac{l_{4.3}}{v_{4.3}} = \frac{10}{33} = 0,3 \text{ мин}$$

Участок №4.4 эвакуация через дверной проем:

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{4.4} = 1,9$ м:

$$q_{d4.4} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{4.4} = 2,5 + 3,5 \cdot 1,9 = 9,15 \text{ м/мин}$$

$q_d \leq q_{max} = 16,5$ м/мин, следовательно движение через дверной проем на участке 4.4 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №4.4:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{4.4}$ через дверной проем будет равной нулю.

Участок №4.5 эвакуация через холл:

$N_{4.5} = 55$ чел; $l_{4.5} = 3$ м; $\delta_{4.5} = 3,2$ м

$$D_{4.5} = \frac{N_{4.5} \cdot f}{l_{4.5} \cdot \delta_{4.5}} = \frac{55 \cdot 0,1}{3 \cdot 3,2} = 0,57 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n=16,36$ м/мин, $V_n=29,5$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №4.5:

$$t_{4.5} = \frac{l_{4.5}}{v_{4.5}} = \frac{3}{29,5} = 0,1 \text{ мин}$$

Участок 5.1 – эвакуация с обеденного зала к запасному выходу:

$N_{5.1}=8$ чел; $l_{5.1}=3,6$ м; $\delta_{5.1}=1,8$ м

$$D_{5.1} = \frac{N_{5.1} \cdot f}{l_{5.1} \cdot \delta_{5.1}} = \frac{8 \cdot 0,1}{3,6 \cdot 1,8} = 0,12 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=8,8$ м/мин, $V_n=76$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5.1:

$$t_{5.1} = \frac{l_{5.1}}{v_{5.1}} = \frac{3,6}{76} = 0,05 \text{ мин}$$

Участок 5.2 – эвакуация через дверной проем:

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{5.2}=1,5$ м:

$$q_{d5.2} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{5.2} = 2,5 + 3,5 \cdot 1,5 = 7,75 \text{ м/мин}$$

$q_{d10.4} \leq q_{max}=19,6$ м/мин, следовательно движение через эвакуационный дверной проем на участке 5.2 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5.2:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{5.2}$ через дверной проем будет равной нулю.

Участок 5.3: $N_{5.3}=8$ чел; $l_{5.3}=2,5$ м; $\delta_{5.3}=1,8$ м

$$D_{5.3} = \frac{N_{5.3} \cdot f}{l_{5.3} \cdot \delta_{5.3}} = \frac{8 \cdot 0,1}{2,5 \cdot 1,8} = 0,18 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=11,2$ м/мин, $V_n=64$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5.3:

$$t_{5.3} = \frac{l_{5.3}}{v_{5.3}} = \frac{2,5}{64} = 0,04 \text{ мин}$$

Участок 5.4 – эвакуация через дверной проем:

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{5.4}=0,9$ м:

$$q_{d5.4} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{5.4} = 2,5 + 3,5 \cdot 0,9 = 5,65 \text{ м/мин}$$

$q_{d5.4} \leq q_{max}=19,6$ м/мин, следовательно движение через эвакуационный дверной проем на участке 5.4 проходит без препятствий.

Участок 5.5 – эвакуация по лестничной площадке на 1 этаже запасного выхода слияние людей с 1 этажа и спустившихся с верхних этажей:

$N_{5.5}=8+5=13$ чел; $l_{5.5}=1,2$ м; $\delta_{5.5}=1,2$ м

$$D_{5.5} = \frac{N_{5.5} \cdot f}{l_{5.5} \cdot \delta_{5.5}} = \frac{13 \cdot 0,1}{1,2 \cdot 1,2} = 0,9 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=13,5$ м/мин, $V_n=15$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5.5:

$$t_{5.5} = \frac{l_{5.5}}{v_{5.5}} = \frac{1,2}{15} = 0,08 \text{ мин}$$

Участок 5.6 – эвакуация по лестнице на 1 этаже запасного выхода:

$N_{5.6}=13$ чел; $l_{5.6}=1$ м; $\delta_{5.6}=1,2$ м

$$D_{5.6} = \frac{N_{5.6} \cdot f}{l_{5.6} \cdot \delta_{5.6}} = \frac{13 \cdot 0,1}{1 \cdot 1,2} = 1,08 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=7,2$ м/мин, $V_n=8$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5.6:

$$t_{5.6} = \frac{l_{5.6}}{v_{5.6}} = \frac{1}{8} = 0,125 \text{ мин}$$

Участок 5.7 – эвакуация по горизонтальной поверхности до запасного выхода:

$N_{5.7}= 13$ чел; $l_{5.7}= 3,4$ м; $\delta_{5.7}=1,2$ м

$$D_{5.7} = \frac{N_{5.7} \cdot f}{l_{5.7} \cdot \delta_{5.7}} = \frac{13 \cdot 0,1}{3,4 \cdot 1,2} = 0,32 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=14,5$ м/мин, $V_n=45,6$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5.7:

$$t_{5.7} = \frac{l_{5.7}}{v_{5.7}} = \frac{3,4}{45,6} = 0,075 \text{ мин}$$

Участок 5.8 – эвакуация через запасную дверь:

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{5.8}=1$ м:

$$q_{d5.8} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{5.8} = 2,5 + 3,5 \cdot 1 = 6 \text{ м/мин}$$

$q_{d10.4} \leq q_{max}=19,6$ м/мин, следовательно движение через эвакуационный дверной проем на участке 5.8 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5.8:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{5.8}$ через дверной проем будет равной нулю.

Участок №6.1 эвакуация через дверной проем:

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{6.1}=1,6$ м:

$$q_{d6.1} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{6.1} = 2,5 + 3,5 \cdot 1,6 = 8,2 \text{ м/мин}$$

$q_d \leq q_{max}=19,6$ м/мин, следовательно движение через дверной проем на участке 6.1 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №6.1:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{6.1}$ через дверной проем будет равной нулю.

Участок №6.2 эвакуация через лестничную площадку людского потока с 1 этажа и части спустившихся людей с верхних этажей. Анализируя расчетные данные прошлых сценариев с верхних этажей за время движения людского потока по 1 этажу, может спуститься около 20 человек:

$N_{6.2}=55+18=73$ чел; $l_{6.2}= 4,2$ м; $\delta_{6.2}=2$ м

$$D_{6.2} = \frac{N_{6.2} \cdot f}{l_{6.2} \cdot \delta_{6.2}} = \frac{73 \cdot 0,1}{4,2 \cdot 2} = 0,89 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=13,7$ м/мин, $V_n=15,4$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №6.2:

$$t_{6.2} = \frac{l_{6.2}}{v_{6.2}} = \frac{4,2}{15,4} = 0,27 \text{ мин}$$

6.3 участок – движение по лестнице: $N_{6.3} = 73$ чел; $l_{6.3}= 1,2$ м; $\delta_{6.3}=2$ м

$$D_{6.3} = \frac{N_{6.3} \cdot f}{l_{6.3} \cdot \delta_{6.3}} = \frac{73 \cdot 0,1}{1,2 \cdot 2} = 3 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n=7,2$ м/мин, $V_n=8$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №6.3:

$$t_{6.3} = \frac{l_{6.3}}{v_{6.3}} = \frac{1,2}{8} = 0,15 \text{ мин}$$

6.4 участок – движение по горизонтальной поверхности до эвакуационной двери:
 $N_{6.4}=73$ чел; $l_{6.4}=4,2$ м; $\delta_{6.4}=2$ м

$$D_{6.4} = \frac{N_{6.4} \cdot f}{l_{6.4} \cdot \delta_{6.4}} = \frac{73 \cdot 0,1}{4,2 \cdot 2} = 0,87 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=14$ м/мин, $V_n=16,2$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №6.4:

$$t_{6.4} = \frac{l_{6.4}}{v_{6.4}} = \frac{4}{16,2} = 0,25 \text{ мин}$$

Участок №6.5 эвакуация через дверной проем:

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{6.5}=1,2$ м:

$$q_{d6.5} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{6.5} = 2,5 + 3,5 \cdot 1,2 = 8,2 \text{ м/мин}$$

$q_d \leq q_{max}=19,6$ м/мин, следовательно движение через дверной проем на участке 6.5 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №6.5:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{6.5}$ через дверной проем будет равной нулю.

В то время, когда происходит эвакуация людского потока с 1 этажа и спустившихся с верхних этажей людей через эвакуационные двери запасных выходов, оставшееся количество людей в здании сможет спуститься на 1 этаж. Основываясь на расчетах предыдущих сценариев среднее время эвакуации на 1 этаж по главной лестнице – 1,082 мин, по запасной лестнице – 0,902 мин. Отсюда мы можем предположить, что когда поток людей с 1 этажа и часть с верхних этажей будут эвакуироваться через запасные эвакуационные выходы, эвакуирующиеся с верхних этажей люди достигнут 1 этажа, что позволяет выполнить расчет их времени эвакуации по участкам 6.2-6.5 и 5.5-5.8.

Рассчитаем время эвакуации людей, спустившихся с верхних этажей:

Участок 5.5.1 – эвакуация по лестничной площадке на 1 этаже запасного выхода:

$N_{5.5.1}=32$ чел; $l_{5.5.1}=1,2$ м; $\delta_{5.5.1}=1,2$ м

$$D_{5.5.1} = \frac{N_{5.5.1} \cdot f}{l_{5.5.1} \cdot \delta_{5.5.1}} = \frac{32 \cdot 0,1}{1,2 \cdot 1,2} = 2,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=13,5$ м/мин, $V_n=15$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5.5.1:

$$t_{5.5.1} = \frac{l_{5.5.1}}{v_{5.5.1}} = \frac{1,2}{15} = 0,08 \text{ мин}$$

Участок 5.6.1 – эвакуация по лестнице на 1 этаже запасного выхода:

$N_{5.6.1}=32$ чел; $l_{5.6.1}=1$ м; $\delta_{5.6.1}=1,2$ м

$$D_{5.6.1} = \frac{N_{5.6.1} \cdot f}{l_{5.6.1} \cdot \delta_{5.6.1}} = \frac{32 \cdot 0,1}{1 \cdot 1,2} = 2,7 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n=7,2$ м/мин, $V_n=8$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5.6.1:

$$t_{5.6.1} = \frac{l_{5.6.1}}{v_{5.6.1}} = \frac{1}{8} = 0,125 \text{ мин}$$

Участок 5.7.1 – эвакуация по горизонтальной поверхности до запасного выхода:

$N_{5.7.1} = 32$ чел; $l_{5.7.1} = 3,4$ м; $\delta_{5.7.1} = 1,2$ м

$$D_{5.7.1} = \frac{N_{5.7.1} \cdot f}{l_{5.7.1} \cdot \delta_{5.7.1}} = \frac{32 \cdot 0,1}{3,4 \cdot 1,2} = 0,78 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А методом интерполяции определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 15,4$ м/мин, $V_n = 19,8$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5.7.1:

$$t_{5.7.1} = \frac{l_{5.7.1}}{v_{5.7.1}} = \frac{3,4}{19,8} = 0,17 \text{ мин}$$

Участок 5.8.1 – эвакуация через запасную дверь:

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{5.8.1} = 1$ м:

$$q_{d5.8.1} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{5.8.1} = 2,5 + 3,5 \cdot 1 = 6 \text{ м/мин}$$

$q_{d10.4} \leq q_{max} = 19,6$ м/мин, следовательно движение через эвакуационный дверной проем на участке 5.8.1 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №5.8.1:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{5.8.1}$ через дверной проем будет равной нулю.

Участок 6.2.1 – эвакуация людей с 4, 3 и 2 этажей:

$N_{6.2.1} = 53$ чел; $l_{6.2.1} = 4,2$ м; $\delta_{6.2.1} = 2$ м

$$D_{6.2} = \frac{N_{6.2} \cdot f}{l_{6.2} \cdot \delta_{6.2}} = \frac{53 \cdot 0,1}{4,2 \cdot 2} = 0,63 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 16,24$ м/мин, $V_n = 26,5$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №6.2:

$$t_{6.2.1} = \frac{l_{6.2.1}}{v_{6.2.1}} = \frac{4,2}{26,5} = 0,16 \text{ мин}$$

6.3.1 участок – движение по лестнице:

$N_{6.3.1} = 53$ чел; $l_{6.3.1} = 1,2$ м; $\delta_{6.3.1} = 2$ м

$$D_{6.3.1} = \frac{N_{6.3.1} \cdot f}{l_{6.3.1} \cdot \delta_{6.3.1}} = \frac{53 \cdot 0,1}{1,2 \cdot 2} = 2,2 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость по лестнице вниз: $q_n = 7,2$ м/мин, $V_n = 8$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №6.3.1:

$$t_{6.3.1} = \frac{l_{6.3.1}}{v_{6.3.1}} = \frac{1,2}{8} = 0,15 \text{ мин}$$

6.4.1 участок – движение по горизонтальной поверхности до эвакуационной двери: $N_{6.4.1} = 53$ чел; $l_{6.4.1} = 4,2$ м; $\delta_{6.4.1} = 2$ м

$$D_{6.4.1} = \frac{N_{6.4.1} \cdot f}{l_{6.4.1} \cdot \delta_{6.4.1}} = \frac{53 \cdot 0,1}{4,2 \cdot 2} = 0,63 \text{ м}^2/\text{м}^2$$

По таблице А2 Прил.А определяем интенсивность движения потока людей и его скорость: $q_n = 16,24$ м/мин, $V_n = 26,5$ м/мин.

Рассчитываем время эвакуации на участке №6.4.1:

$$t_{6.4.1} = \frac{l_{6.4.1}}{v_{6.4.1}} = \frac{4}{26,5} = 0,15 \text{ мин}$$

Участок №6.5.1 эвакуация через дверной проем:

Рассчитываем интенсивность движения в проеме шириной $\delta_{6.5.1} = 1,2$ м:

$$q_{d6.5.1} = 2,5 + 3,5 \cdot \delta_{6.5.1} = 2,5 + 3,5 \cdot 1,2 = 8,2 \text{ м/мин}$$

$q_d \leq q_{max} = 19,6$ м/мин, следовательно движение через дверной проем на участке 6.5.1 проходит без препятствий.

Рассчитываем время эвакуации на участке №6.5.1:

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения $t_{6.5.1}$ через дверной проем будет равной нулю.

Вычисляем общее расчетное время эвакуации людей с кабинета физиотерапии, находящегося на 3 этаже санатория профилактория ТПУ в случае развития пожара по сценарию №1:

$$\begin{aligned} t_p &= t_{1.1} + t_{1.2} + t_{1.3} + t_{1.4} + t_{1.5} + t_2 + t_{3.1} + t_{3.2} + t_{3.3} + t_{3.4} + \\ &+ t_{3.5} + t_{4.1} + t_{4.2} + t_{4.3} + t_{4.4} + t_{4.5} + t_{5.1} + t_{5.2} + t_{5.3} + \\ &+ t_{5.4} + t_{5.5} + t_{5.6} + t_{5.7} + t_{5.8} + t_{6.1} + t_{6.2} + t_{6.3} + t_{6.4} + t_{6.5} \\ &= 0,022 + 0,019 + 0,03 + 0 + 0,04 + 0,018 + 0,018 + 0,04 + 0 + 0,21 + 0 \\ &+ 0,3 + 0 + 0,1 + 0,05 + 0,04 + 0 + 0,08 + 0,125 + 0,075 + 0 + 0 + 0,27 \\ &+ 0,15 + 0,25 + 0 + 0,08 + 0,125 + 0,17 + 0 + 0,16 + 0,15 + 0,15 + 0 \\ &= 2,67 \text{ мин} \end{aligned}$$

$t_p = 2,67$ мин – рассчитанная величина времени эвакуации для первого сценария развития пожара.

3. Расчет времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара

Время блокирования рассчитывается по формуле:

$$t_{бл} = \min\{t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^T, t_{кр}^{т.г.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{т.п.}\}$$

Для расчета используются следующие исходные данные:

Зона расположения пожарной нагрузки – гардероб

Длина кабинета – 5,75 м;

Ширина кабинета – 6,14 м;

Высота кабинета – 2,9 м;

Возгорание произошло при замыкании электрической сети.

3.1. Для расчета критического времени по повышенной температуре, в первую очередь рассчитываем параметры:

3.1.1. Свободный объем кабинета:

$$V = 0,8 \cdot V_{кабинета} = 0,8 \cdot 4,76 \cdot 5,62 \cdot 3,5 = 75 \text{ м}^3$$

3.1.2. Коэффициент полноты горения:

$$\eta_a = 0,63 + 0,2 \cdot X_{ох,0} + 1500 \cdot X_{ох,0}^6 = 0,63 + 0,2 \cdot 0,21 + 1500 \cdot 0,21^6 = 0,8$$

3.1.3. Зависящий от теплоты сгорания материала и свободного объема помещения размерный комплекс:

$$B = \frac{353 \cdot c_p \cdot V}{(1 - \phi) \cdot \eta \cdot Q_n} = \frac{353 \cdot 1,054 \cdot 10^{-3} \cdot 75}{(1 - 0,55) \cdot 0,8 \cdot 16,7} = 4,64$$

3.1.4. Размерный параметр, учитывающий удельную массовую скорость выгорания горючего материала и площадь пожара:

$$A = \psi_{уд} \cdot v \cdot b = 0,024 \cdot 0,007 \cdot 5,62 = 9,4 \cdot 10^{-4} \text{ кг/с}^n$$

3.1.5. Параметр, учитывающий неравномерность распределения ОФП по высоте помещения:

Для начала рассчитываем высоту рабочей зоны:

$$h = h_{пл} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta = 0 + 1,7 - 0,5 \cdot 0 = 1,7 \text{ м}$$

Параметр:

$$z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) = \frac{1,7}{3,5} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{3,5}\right) = 0,96$$

3.2. Рассчитываем критическое время по повышенной температуре:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n} = t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n} =$$

$$= \left\{ \frac{4,64}{9,4 \cdot 10^{-4}} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - 22}{(273 + 22) \cdot 0,96} \right] \right\}^{1/2} = 77,46 \text{ с}$$

4. Рассчитываем критическое время по потере видимости:

$$t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{п.в.} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} =$$

$$= \left\{ \frac{4,64}{9,4 \cdot 10^{-4}} \cdot \ln \left[1 - \frac{75 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 4,64 \cdot 61 \cdot 0,96} \right]^{-1} \right\}^{1/2} = 13,84 \text{ с}$$

5. Рассчитываем критическое время по пониженному содержанию кислорода:

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

$$= \left\{ \frac{4,64}{9,4 \cdot 10^{-4}} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{4,64 \cdot 2,56}{75} + 0,27 \right) \cdot 0,96} \right]^{-1} \right\}^{1/2} = 23,64 \text{ с}$$

6. Расчет времени по каждому из газообразных токсичных продуктов горения

6.1. Расчет по угарному газу – CO:

$$t_{кр}^{т.г} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{4,64}{9,4 \cdot 10^{-4}} \cdot \ln \left[1 - \frac{75 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{4,64 \cdot 0,063 \cdot 0,96} \right]^{-1} \right\}^{1/2} = 62,13 \text{ с}$$

6.2. Расчет по углекислому газу – CO₂:

$$t_{кр}^{т.г} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n} = \left\{ \frac{4,64}{9,4 \cdot 10^{-4}} \cdot \ln \left[1 - \frac{75 \cdot 0,11}{4,64 \cdot 0,88 \cdot 0,96} \right]^{-1} \right\}^{1/2}$$

$$= \left\{ \frac{4,64}{9,4 \cdot 10^{-4}} \cdot \ln[-1,1]^{-1} \right\}^{1/2}$$

Под знаком логарифма получилось отрицательное число, следовательно углекислый газ не представляет опасности.

6.3. В результате проведенных расчетов, минимальное время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара равняется:

$$t_{бл} = \min\{t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^T, t_{кр}^{т.г.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{т.п.}\} = 13,84 \text{ с}$$

7. Расчет величин пожарного риска в санатории-профилактории ТПУ

7.1. Рассчитываем вероятность эвакуации людей из здания санатория-профилактория ТПУ:

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

Для этого, проверим какое из условий выполняется:

$$t_p = 2,67 \text{ мин}$$

$$t_{бл} = 13,84 \text{ с} = 0,23 \text{ мин}$$

$$t_{нэ} = 0 \text{ мин}$$

Скопление людей образовалось на 8-ми участках 5.5, 5.6, 6.3, 5.5.1, 5.6.1, 7.2. Рассчитаем время существования скопления на всех участках:

$$t_{ск5.5} = \frac{13 \cdot 0,1}{0,9 \cdot 1,2} = 1,2 \text{ мин}$$

$$t_{ск5.6} = \frac{13 \cdot 0,1}{1,08 \cdot 1,2} = 1 \text{ мин}$$

$$t_{ск6.3} = \frac{85 \cdot 0,1}{3,5 \cdot 2} = 1,2 \text{ мин}$$

$$t_{ск5.5.1} = \frac{32 \cdot 0,1}{2,2 \cdot 1,2} = 1,2 \text{ мин}$$

$$t_{ск5.6.1} = \frac{32 \cdot 0,1}{2,7 \cdot 1,2} = 0,99 \text{ мин}$$

$$t_{ск6.3.1} = \frac{53 \cdot 0,1}{2,2 \cdot 2} = 1,2 \text{ мин}$$

Общее время скопления людей при эвакуации:

$$t_{ск} = 1,2 + 1 + 1,2 + 1,2 + 0,99 + 1,2 = 7,99 \text{ мин}$$

Так как $t_p = 2,68 > 0,8 \cdot t_{бл} = 0,184$, то $P_э = 0$.

7.2. Рассчитываем вероятность присутствия людей в здании:

$$P_{пр} = \frac{t_{функц}}{24} = \frac{10}{24} = 0,42$$

7.3. Определяем коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре:

$$K_{п.з.} = 1 - (1 - K_{обн} \cdot K_{СОУЭ}) \cdot (1 - K_{обн} \cdot K_{ПДЗ}) = 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0) = 0,64$$

7.4. Рассчитываем величину индивидуального пожарного риска для 4 сценария пожара:

$$Q_{в.4} = Q_{п.} \cdot (1 - K_{ап}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_э) \cdot (1 - K_{п.з.}) = 8,8 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0,9) \cdot 0,42 \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0,64) = 0,13 \cdot 10^{-5} \text{ год}^{-1}$$

Таблица В3 – Результаты расчетов по 4 сценарию, гардероб

$t_{нэ4}$, МИН	$t_{р4}$, МИН	$t_{бл4}$, МИН	$t_{ск4}$, МИН	$P_э$	$P_{пр}$	$K_{п.з.}$	$Q_{в.4}$, ГОД ⁻¹
1	2,67	0,23	7,99	0	0,42	0,64	$0,13 \cdot 10^{-5}$