

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

---

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

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Оценка пожарного риска объекта социальной сферы</b>

УДК 614.841.45.026.1:37

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E51	Девятова Ксения Павловна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	К.Х.Н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И.В.	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Романцов И.И.	К.Т.Н.		

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

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

Томск – 2019 г.

**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
<b>Общие по направлению подготовки</b>		
Р1	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)
Р2	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)
Р3	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)
Р4	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)
Р5	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)
<b>Профиль</b>		
Р6	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  
 04.02.2019 г.

**ЗАДАНИЕ  
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

бакалаврской работы
---------------------

Студенту:

Группа	ФИО
1E51	Девятовой Ксении Павловне

Тема работы:

Оценка пожарного риска объекта социальной сферы	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	06.05.2019 г. № 3498/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	07.06.2019 г.
--	---------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Здание общественно-административного назначения; Количество надземных этажей 3; Площадь здания 2372,2 м <sup>2</sup> ; Степень огнестойкости 2 степень; Класс функциональной пожарной опасности Ф4.1; Класс конструктивной пожарной опасности С0; СОУЭ 1-2 типа.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	1. провести литературный обзор по проблеме обеспечения пожарной безопасности в образовательных учреждениях; 2. дать характеристику объекта защиты лица и оценить мероприятия объекта защиты по пожарной безопасности; 3. рассчитать время эвакуации, время блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара и индивидуальный пожарный риск для сценариев с наихудшими условиями пожара.
<b>Перечень графического материала</b> <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Таблицы, рисунки.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> <i>(с указанием разделов)</i>	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Социальная ответственность	Романцов Игорь Иванович

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение	Подопригора Игнат Валерьевич
--	------------------------------

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	04.02.2019 г.
---	---------------

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2019 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е51	Девятова Ксения Павловна		04.02.2019 г.

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

Инженерная школа неразрушающего контроля и безопасности  
 Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность  
 Уровень образования бакалавриат  
 Отделение контроля и диагностики  
 Период выполнения весенний семестр 2018/2019 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы: 07.06.2019 г.

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
12.03.2019 г.	Составление и утверждение технического задания на тему. Постановка целей и задач.	20
26.03.2019 г.	Аналитический обзор литературных источников с целью установления наилучшего обоснования теоретических положений риска в пожарной безопасности.	10
09.04.2019 г.	Исследование методики определения расчетных величин пожарного риска.	15
29.04.2019 г.	Расчёт величин индивидуального пожарного риска	25
21.05.2019 г.	Разработка разделов «Социальная ответственность» и «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	10
04.06.2019 г.	Оформление и представление ВКР	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2019

**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель ООП 20.03.01 Техносферная безопасность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина А.Н.	к.х.н.		04.02.2019

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b> 1E51	<b>ФИО</b> Девятовой Ксении Павловне
-----------------------	---

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

**Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:**

<b>1. Характеристика объекта исследования</b>	Объектом исследования является кабинет директора МБОУ Лицея при ТПУ, расположенный по адресу г. Томск ул. Аркадия Иванова 4.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Производственная безопасность</b>	Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – недостаточная освещенность рабочей зоны; – несоответствие условиям труда; – отклонение показателей микроклимата; – повышенный уровень шума. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – электрический ток (причины, меры предосторожности, действия на человека); – взрывы и пожары (причины, способы предотвращения, средства пожаротушения).
<b>2. Экологическая безопасность</b>	– Отходы, возникающие во время работы, утилизируются в мусорные контейнеры, расположенные на территории корпуса (лицея).
<b>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	Рассмотреть чрезвычайные ситуации, которые могут произойти: – пожар; – взрыв. – обрушение здания.
<b>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования ГОСТ 12.1.033-81 Пожарная безопасность. Термины и определения ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов ГОСТ 30403-2012 Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность

	<p>ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях          СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»          СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному, совмещенному освещению жилых и общественных зданий»          ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация          СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.</p>
--	---

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

**Задание выдал консультант:**

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

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1E51	Девятова Ксения Павловна		

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
1E51	Девятовой Ксении Павловне

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

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

<i>1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Оклад руководителя - 27500 руб. Оклад студента - 3600 руб.
<i>2. Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	- премиальный коэффициент научного руководителя 30%; - премиальный коэффициент бакалавра 100%; - дополнительной заработной платы научного руководителя 12%; - накладные расходы 16%; - районный коэффициент 30%.
<i>3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды 28%.

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения; - SWOT-анализ.
<i>2. Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: - определение структуры работ; - определение трудоемкости работ; - разработка графика Ганта. Формирование бюджета затрат на научное исследование: - материальные затраты; - заработная плата (основная и дополнительная); - отчисления во внебюджетные фонды; - накладные расходы.
<i>3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение эффективности исследования.

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Оценка конкурентоспособности технических решений</li> <li>2. Матрица SWOT</li> <li>3. Альтернативы проведения НИ</li> <li>4. График проведения и бюджет НИ</li> <li>5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</li> </ol>
---

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Подопригора И.В.	К.Э.Н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
1Е51	Девятова Ксения Павловна		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 124 с., 3 рис., 22 табл., 25 источников, 5 прил.

Ключевые слова: пожарная безопасность, индивидуальный пожарный риск, пожарная нагрузка, пожарная сигнализация, эвакуационный выход.

Объектом исследования является деятельность МБОУ лицея при ТПУ по обеспечению пожарной безопасности и снижению пожарных рисков.

Цель работы – оценка индивидуального пожарного риска в МБОУ лицее при ТПУ г. Томска.

В процессе исследования проводились литературный обзор по проблеме обеспечения пожарной безопасности в образовательных учреждениях и оценки рисков; характеристика объекта МБОУ Лицея при ТПУ г. Томска и оценка мероприятий объекта защиты по пожарной безопасности; исследование методики определения расчетных величин пожарного риска, анализ пожарной опасности объекта.

В результате исследования было рассчитано время эвакуации, время блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара и индивидуальный пожарный риск для сценариев с наихудшими условиями пожара.

Степень внедрения: в разработке.

Экономическая эффективность/значимость работы: сокращение материального ущерба и человеческих жизней при возникновении ЧС.

В будущем планируется развитие рассматриваемой темы в рамках магистерской диссертации.

Расчет пожарных рисков является частью пожарного аудита. Пожарный риск является мерой защиты возможной пожарной опасности объекта и ее последствий для людей и материальных ценностей. Допустимым риском считается такой риск, уровень которого допускается и обосновывается социально-экономическими условиями.

## **СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ**

ЧС – Чрезвычайная ситуация;

ИПБ – Источники бесперебойного питания;

ОУ – образовательное учреждение;

АПС – автоматическая пожарная сигнализация;

АУПС – автоматическая установка пожарной сигнализации;

СОУЭ – система оповещения и управление эвакуацией;

ОФП – опасные факторы пожара;

ПЧ – пожарная часть;

ПГ – пожарный гидрант;

ФЗ – федеральный закон;

ГОСТ – государственный стандарт;

СНиП – санитарные нормы и правила;

СП – свод правил;

НПБ – нормы пожарной безопасности;

ПК – персональный компьютер;

ОТ – охрана труда;

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина;

ППБ – правила пожарной безопасности;

ИСР – иерархическая структура работ.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение .....	16
1 Современное состояние вопроса пожарной безопасности при эксплуатации зданий образовательных учреждений .....	18
1.1 Причины пожаров в образовательных учреждениях .....	18
1.2 Обеспечение пожарной безопасности образовательных учреждений ...	20
2 Понятие пожарного риска.....	22
2.1 Классификация пожарных рисков.....	22
2.2 Основные виды методик расчета пожарного риска .....	24
3 Объект исследования .....	26
3.1 Характеристика объекта .....	26
3.2 Характеристика конструкций и материалов здания.....	26
3.3 Планировка территории и пожарные разрывы объекта .....	30
4 Расчеты и аналитика .....	32
4.1 Расчет времени эвакуации из здания 9 корпуса ТПУ (Лицей при ТПУ)	32
4.2 Расчет времени блокирования путей эвакуации при пожаре .....	36
4.2.1 Определение времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП. Сценарий 1.....	37
4.2.2 Определение времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП. Сценарий 2.....	40
4.2.3 Определение времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП. Сценарий 3.....	44
4.3 Расчет величин пожарного риска в лицее при ТПУ .....	48
4.3.1 Расчет величин пожарного риска (библиотека). Сценарий 1 .....	48
4.3.2 Расчет величины пожарного риска (гардероб). Сценарий 2.....	49
4.3.3 Расчет величины пожарного риска (кабинет информатики). Сценарий 3.....	50
5 Мероприятия по снижению пожарного риска объекта защиты .....	52

6	Социальная ответственность .....	55
6.1	Введение .....	55
6.2	Производственная безопасность .....	55
6.2.1	Анализ выявленных вредных факторов .....	57
6.2.2	Анализ опасных факторов .....	66
6.3	Охрана окружающей среды .....	70
6.4	Защита в чрезвычайных ситуациях .....	71
6.5	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	72
7	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение ...	74
7.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	74
7.1.1	SWOT-анализ.....	74
7.1.2	Диаграмма Исикава .....	78
7.2	Планирование научно-исследовательских работ .....	79
7.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	79
7.2.2	План проекта.....	80
7.3	Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	84
7.3.1	Расчет материальных затрат НТИ .....	84
7.3.2	Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ .....	85
7.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы .....	85
7.3.4	Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала .....	87
7.3.5	Отчисления во внебюджетные фонды .....	88
7.3.6	Накладные расходы.....	89
7.3.7	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	89
	Заключение .....	91
	Список литературы .....	93
	Приложение А .....	96
	Приложение Б.....	108

Приложение В .....	110
Приложение Г .....	115
Приложение Д .....	120

## ВВЕДЕНИЕ

Пожар один из самых распространенных опасных ЧС. Пожары приводят к серьёзным материальным ущербам, а так же возможно могут нанести вред здоровью человеку или же привести к гибели людей. В настоящее время все государства мира уделяют данной теме много сил и времени. Изучая пожары и разрабатывая средства по защите от них и уменьшения жертв, разрабатывая нормативные документы, сложилась некоторая статистика, возникновения и развития пожаров, а также количество пострадавших в тех или иных условиях [1].

Для раннего обнаружения и борьбы с пожарами применяются технические средства (система оповещения о пожаре, автоматическая пожарная сигнализация).

Сегодня при проектировании конструкций различного назначения пристальное внимание уделяется материалам, которые используются в строительстве и дальнейшей отделке. Это для того, чтобы снизить риск возникновения пожара, уменьшить выброс опасных веществ продуктов сгорания и повысить вероятность выживания людей непосредственно в результате пожара. Как известно, из-за дыма теряется видимость, что усложняет процесс эвакуации людей, поэтому при вводе объекта в эксплуатацию проводится тщательная проверка на соответствие всем требованиям нормативных документов, в которых также прописаны материалы, которые необходимо использовать в зданиях и помещениях определенного назначения. Во время эксплуатации пожарная инспекция согласно графику проверяет соответствие требованиям пожарной безопасности. Все это необходимо для снижения риска возникновения пожара и повышения вероятности выживания человека в сложившейся ЧС.

Целью работы является оценка индивидуального пожарного риска в МБОУ лицее при ТПУ г. Томска на соответствие нормативным значениям.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие задачи:

1. провести литературный обзор по проблеме обеспечения пожарной безопасности в образовательных учреждениях и оценки рисков;
2. дать характеристику объекта защиты МБОУ лица при ТПУ г. Томска и оценить мероприятия объекта защиты по пожарной безопасности;
3. рассчитать время эвакуации, время блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара и индивидуальный пожарный риск для сценариев с наихудшими условиями пожара;
4. разработать рекомендации по обеспечению допустимого значения уровня пожарного риска (мероприятия по снижению пожарного риска объекта защиты).

На данном объекте, при вводе в эксплуатацию, расчеты пожарного риска не проводились.

Актуальность исследуемой темы заключается в том, что охране образовательных учреждений и безопасности учебных заведений в последнее время повсеместно уделяется все больше внимания, так как они являются местами массового скопления людей, в большей части детей. Ущерб, наносимый обществу пожарами в общественных зданиях, зачастую неоправданно высок.

Для снижения величины пожарного риска необходимо устранить причины повышенного риска, усовершенствовать технические системы и повысить профессионализм сотрудников.

# 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗДАНИЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ

## 1.1 Причины пожаров в образовательных учреждениях

Основные причины пожаров в образовательных учреждениях:

- 1) шалость детей (2,5 %);
- 2) перегрузка проводов (18 %);
- 3) преподавательский состав и учащиеся не знают основы противопожарной безопасности (70,3);
- 4) поджоги (9,2 %) [2].

Нарушения правил пожарной безопасности в образовательных учреждениях:

- 1) неудовлетворительное состояние путей эвакуации;
- 2) недостаточно средств пожаротушения;
- 3) правила эксплуатации электрооборудования не соблюдаются;
- 4) отсутствие/неисправность автоматических систем противопожарной защиты;
- 5) наличие на дверях эвакуационных выходов и окнах металлических решёток;
- 6) неподготовленность персонала по соблюдению мер пожарной безопасности;
- 7) деревянные конструкции не обеспечены огнезащитой;
- 8) частичное или полное отсутствие противопожарной сигнализации.

Как показывает статистика, что проблеме пожарной безопасности в образовательных учреждениях и в других сферах нужно уделять особое внимание. Так как это помогает избежать человеческие жертвы, также и материальный ущерб. Для этого преподавателям необходимо постоянно работать и общаться с детьми по поводу пожарной безопасности. Строго надо

соблюдать правила пожарной безопасности и совершенствовать технику, которая предназначена для предупреждения и борьбы с пожарами [3].

Статистика основных показателей ситуации с пожарами в образовательных учреждениях в предыдущие годы была следующей (таблица 1):

*Таблица 1 – Статистика пожаров в общеобразовательных учреждениях*

Год	Количество пожаров	Пострадавшие	Погибло
2009	441	6	4
2010	382	6	1
2011	347	9	3
2012	335	11	1
2013	312	7	–
2014	310	14	–
2015	291	–	–
2016	198	–	–
2017	177	–	–
2018	229	–	–

По статистике МЧС, с начала 2018 года на объектах с массовым пребыванием людей (торговые центры, объекты образования и здравоохранения) произошел 471 пожар. За аналогичный период 2017 года был зафиксирован 364 пожар, таким образом, количество инцидентов увеличилось на 29,4%.

В отдельно взятых торгово-развлекательных центрах число пожаров за год выросло на 64% (74 против 45 в 2017 году). В зданиях и помещениях образовательного назначения – на 29% (229 против 177). В зданиях здравоохранения и социального обслуживания – 19,7% (168 против 142) [4].

## **1.2 Обеспечение пожарной безопасности образовательных учреждений**

Проверка готовности ОУ осуществляется ежегодно. В ходе проведения проверки в приемном акте комиссии обязательно должна быть отмечена работоспособность АПС и системы оповещения. Указанные системы противопожарной защиты должны к началу нового учебного года полностью пройти периодические испытания на предмет их работоспособности с оформлением соответствующих актов.

Не смотря на всё, следует понимать, что "возраст" систем АПС и систем оповещения, установленных в ОУ, часто несколькократно превосходит сроки использования, оговариваемые производителем данных систем и нормативными требованиями [5]. При реализации договора подрядчиком проектные решения по АУПС и СОУЭ должны учитывать требования новой нормативной базы в области пожарной безопасности – ГОСТ Р 53325–2012 [6] касательно оборудования и СП 5.13130.2009 [5] для соблюдения норм и правил проектирования противопожарных систем (именно эти два документа во главе с 123-ФЗ являются базой для проектных решений). Следует отметить, что требования к указанным системам после введения изменений в приведенные документы ужесточились: технические средства пожарной автоматики (пожарные извещатели, ИПБ для пожарной автоматики, пожарные оповещатели, приборы приемно-контрольные пожарные и т.п.) должны иметь сертификат соответствия уже по требованиям ГОСТ Р 53325–2012 (обновленная редакция).

Для принятия окончательного выбора состава оборудования перед дальнейшей работой по проекту проектировщики рассматривают три классических варианта построения:

- 1) наиболее часто применяемый – проводная неадресная АПС;
- 2) альтернативный – проводная адресная АПС;

3) набирающий популярность – беспроводная адресная (радиоканальная).

На практике применяются и гибридные варианты систем:

- 1) проводная адресная + проводная неадресная с единой логикой работы;
- 2) беспроводная адресная (радиоканальная) + проводная адресная + проводная неадресная аналогично с единой логикой работы [7].

При установке систем пожарной сигнализации выбор делается в пользу защиты детей, но не малых финансовых затрат. Непосредственно на данном этапе принятия проектных решений и возникает вопрос: выполнить нормативное требование и внедрить упрощенные противопожарные сообщения на панели или обеспечить постоянный поток информации о ситуации в ОУ и принятие соответствующими службами более точных своевременных решений.

## 2 ПОНЯТИЕ ПОЖАРНОГО РИСКА

Согласно ФЗ от 22.07.2008 № 123 (ред. от 29.07.2017) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (с изм. и доп., вступ. в силу с 31.07.2018). Статья 2. П.28. «...пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей...»[9].

Одной из составляющих пожарной безопасности является расчет рисков. Понятие «пожарный риск» является переходным от состояния безопасности к опасности и оценивает вероятность развития ситуации в пагубном направлении. Это может быть связано с потерями как человеческими, так и материальными. Оценка рисков требуется, чтобы понимать масштабы последствий возникновения пожара и принять меры к их уменьшению.

### 2.1 Классификация пожарных рисков

Управление пожарными рисками помогает снизить степень опасности до минимальной и сократить потери в случае возникновения экстремальной ситуации, связанной с воспламенением. Расчет пожарного риска производится по специальным методикам, в целом же, их можно классифицировать по нескольким признакам. Наиболее часто прибегают к следующему делению:

- риск индивидуальный. Оценивается возможность гибели человека на пожаре;
- риск социальный. Здесь анализируется степень опасности, способная привести к гибели не одного человека, а группы;
- риск допустимый. Он связан с материальными потерями и при социально-экономическом анализе признается возможным.

Данное деление прописано в ФЗ № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» и является основным при исследовании пожарных рисков.

Помимо этого риски подразделяются и по другим признакам, что помогает рассматривать отдельные причины возникновения пожара и его последствия. Так риск опасности человека измеряется в следующих степенях:

- 1-я (R1). Человек имеет возможность столкнуться с пожаром;
- 2-я (R2). Человек может пострадать при пожаре;
- 3-я (R3). Человек подвергается опасности погибнуть на пожаре.

Подобным образом классифицируются риски и для имущества, где имеются варианты прямого материального ущерба или же полной утраты объекта в результате возгорания.

Кроме этого, можно рассматривать и моменты, касающиеся рисков и их происхождения. К ним относятся:

- 1) риски возникновения пожара в зависимости от причин. Здесь оцениваются следующие факторы: короткое замыкание, неисправности печного отопления, детские шалости, попадание молнии, поджог и другие;
- 2) риски возникновения пожара в зависимости от особенностей объекта. К значимым показателям могут быть отнесены этажность здания, его назначение, использованные при строительстве материалы, особенности проектирования и прочие детали;
- 3) риски получения травм. Здесь диапазон более, чем широк, оценивается как тяжесть ущерба здоровью, так и категории лиц, его получивших – гражданские или пожарные.

Этот список может быть дополнен, так как кроме вышеперечисленных, как на возникновение пожара, так и на тяжесть его последствий, может влиять еще множество факторов. Подробная многоступенчатая классификация и оценка пожарного риска разных видов представляет интерес для многих: компаний, занимающихся производством и установкой противопожарного оборудования, фирм, связанных с оформлением страховок, для тех, кто занимается проектированием и строительством зданий и сооружений, а также разработкой специальных технических условий.

Для того чтоб снизить тяжесть последствий возникновения пожара и вероятность его возникновения, весь диапазон факторов влияющих на риски, следует изучить, только так возможно успешно противостоять опасности. Для каждого объекта определяется количественная вероятность возникновения пожара, а также возможная тяжесть его последствий, и оценка рисков имеет здесь первостепенное значение.

## **2.2 Основные виды методик расчета пожарного риска**

Основными нормативно-правовыми актами, регламентирующими порядок проведения оценки пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности являются:

- 1) Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- 2) Постановление Правительства Российской Федерации от 31.03.2009 г. № 272 «О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска»;
- 3) Приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности»;
- 4) Приказ МЧС России от 20.11.2007 № 607 "Об утверждении порядка добровольной аккредитации организаций, осуществляющих деятельность в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций и обеспечения пожарной безопасности";
- 5) ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность. Общие требования».

Определение расчетных величин пожарного риска заключается в расчете индивидуального пожарного риска для людей в здании. Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия

ОФП в здании. Перечень ОФП устанавливается статьей 9 Технического регламента. Результаты и выводы, полученные при определении пожарного риска, используются для обоснования параметров и характеристик зданий, сооружений и строений.

Частота воздействия ОФП определяется для пожароопасной ситуации, которая характеризуется наибольшим риском для жизни и здоровья людей в здании.

Для целей настоящей методики используются основные понятия, установленные статьей 2 Технического регламента.

Одним из основных методов расчета пожарного риска является "методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, строениях и сооружениях различных классов функциональной пожарной опасности" (приказ МЧС от 30.06.2009 №382), разработанная на основе приложения 2 ГОСТ 12.1.004-91 "Пожарная безопасность. Общие требования»

Суть этого метода:

1) показателем оценки уровня обеспечения пожарной безопасности людей на объектах является вероятность предотвращения воздействия (Р<sub>В</sub>) ОФП, перечень которых определяется настоящим стандартом;

2) вероятность предотвращения воздействия ОФП определяется для пожароопасной ситуации, при которой место возникновения пожара находится на первом этаже вблизи одного из эвакуационных выходов из здания.

## **3 ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ**

### **3.1 Характеристика объекта**

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение лицей при ТПУ г. Томска. Дата основания – 1992 год. Физико-математический профиль.

ФИО директора: Чиж Людмила Алексеевна. Учредитель: муниципальное образование «Город Томск». От имени муниципального образования «Город Томск» функции и полномочия Учредителя осуществляет: департамент образования администрации Города Томска.

Режим работы: шестидневная рабочая неделя. График работы: понедельник-суббота 8.30 – 17.30.

Количество работников – 29, количество обучающихся – 284.

### **3.2 Характеристика конструкций и материалов здания**

Здание построено в 1883 году. Трёхэтажное кирпичное здание общей площадью 2372,2 м<sup>2</sup> и высотой 11,38 м. Здание школы имеет 2 степень огнестойкости, по классу функциональной пожарной опасности относится к Ф4.1 – здания общеобразовательных учреждений, образовательных учреждений начального и среднего образования.

Здание сделано из негорючих материалов (НГ) и класс пожарной опасности строительных конструкций К0, то есть не пожароопасные. Но межкомнатные перегородки частично сделаны из гипсокартона. ГОСТ 30244 определяет горючесть – она у гипсокартона Г1; ГОСТ 30402 определяет воспламеняемость – В2; ГОСТ 12.1.044-89 определяет способность образовывать дым, по этому показателю гипсокартон относится к группе Д1, так же определяет токсичность, относится к группе Т1. При пожаре характеристики огнестойкости гипсокартона позволяют ему стойко противостоять огню. Сам гипс гореть не может, и после разрушения картона

сердечник просто осыпается. Чтобы повысить огнестойкость, перегородки делают из двух листов гипсокартона. Так картон, находящийся между двумя листами способен более длительное время противостоять огню.

Линолеум сделан из материала, показатели которого не ниже В2, Д2,Т2.

Наружные пожарные лестницы отсутствуют.

Фундамент бутовый ленточный, капитальные стены кирпичные, межкомнатные перегородки выполнены частично из кирпича, дерева и гипсокартона.

Чердачные, междуэтажные перекрытия выполнены из железобетонных монолитных плит, кирпичных сводов и дерева. Полы в коридорах и классах деревянные, покрыты линолеумом. Полы 1 этажа выполнены из бетона. Крыша из кровельного железа. Стены оштукатурены и окрашены краской. Строительные конструкции, используемые в здании, не способствуют скрытому распространению горения. Применяются основные строительные конструкции с пределами огнестойкости и классами пожарной опасности и строительные материалы с показателями пожарной опасности, соответствующими требуемой степени огнестойкости здания и классу их конструктивной пожарной опасности.

Пожарная нагрузка в здании составляет: мебель, оборудование, инвентарь, изготовленные из горючих материалов.

Здание имеет пути эвакуации конструктивно обеспечивающие безопасную эвакуацию людей при пожаре.

Эвакуационные выходы рассредоточены. Эвакуация осуществляется по лестничным клеткам типа Л1 (остекленные или неостекленные проемы на каждом этаже в наружных стенах), ведущие на первый этаж и далее наружу из здания. Двери эвакуационных выходов и двери на путях эвакуации открываются в направлении выхода из здания, не имеют замки, препятствующие их свободному открытию изнутри без ключа. Пути эвакуации освещены в соответствии с требованиями нормативных документов в области пожарной безопасности.

Ширина лестничного марша 1,80 м, длина 3,3 м. Для общих коридоров ширина горизонтальных участков путей эвакуации в свету составляет не менее 1,2 м. Высота эвакуационных выходов в свету не менее 1,9, ширина выходов их кабинетов в свету – не менее 0,8 м.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 25 апреля 2012 года № 390 разработаны и размещены на местах, где видно планы эвакуации людей при возникновении ЧС. Кроме план-схемы эвакуации людей, разработана инструкция для действий персонала по обеспечению быстрой и безопасной эвакуации людей из здания. Согласно инструкции не реже одного раза в полгода проводятся практические учения для всех причастных к эвакуации сотрудников и учащихся. Визуальная, звуковая и световая информационная сигнализация установлена на каждом аварийном выходе и на путях эвакуации. Вместе со звуковыми сигналами включаются световые сигналы в виде мигающих знаков "выход". Визуальная информация располагается на контрастном фоне с размерами знаков, соответствующими расстоянию рассмотрения.

В соответствии с Правилами пожарной безопасности в РФ, в лицее установлена система пожарной сигнализации [11]. Система пожарной сигнализации предназначена для непрерывной круглосуточной работы и предназначена для своевременного обнаружения источника пожара, оповещения службы безопасности; формирования управляющих сигналов системы пожарной сигнализации, а также выдачи сигнала "пожар" на пульт ПЧ.

В каждом защищаемом помещении установлено не менее 2-х пожарных дымовых извещателей типа ИП-212-46. На путях эвакуации установлены световые указатели табло «Выход».

Автоматические приборы пожаротушения и дымоудаления в лицее отсутствуют.

Помещения оборудованы первичными средствами пожаротушения в соответствии с нормами, правилами пожарной безопасности в Российской Федерации. Техническое обслуживание оборудования пожаротушения

соответствует требованиям, огнетушители промаркированы, у них установлен паспорт, имеется журнал учета наличия, осмотра и состояния оборудования пожаротушения. Места расположения первичных средств обозначены знаками пожарной безопасности.

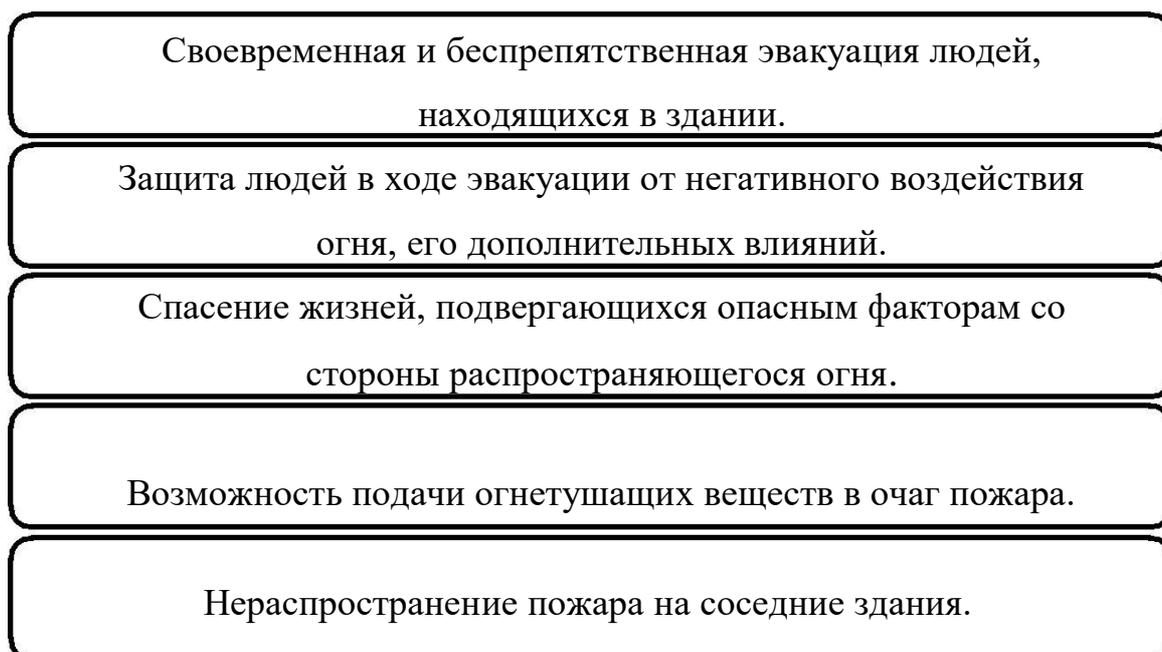
Количество первичных средств пожаротушения в здании 9 корпуса ТПУ приведено в таблице 2:

*Таблица 2 – Первичные средства пожаротушения*

Огнетушитель	Количество
Огнетушитель порошковый ОП-4	20
Огнетушитель порошковый ОП-5	9
Огнетушитель углекислотный ОУ-2	4
Огнетушитель углекислотный ОУ-3	8
Огнетушитель углекислотный ОУ-5	3
Всего	44

Так же имеется 7 штук пожарных кранов и 12 планов эвакуации.

Руководствуясь ст. 80 ФЗ № 123 от 22.07.2008 г, здания при пожаре должны обеспечивать: объемно-планировочные, инженерно-технические и конструктивные решения зданий, которые представлены на рисунке 1:



**Рисунок 1 – Требования обеспечения пожарной безопасности здания**

### 3.3 Планировка территории и пожарные разрывы объекта

В соответствии со СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений» имеет противопожарные расстояния между зданиями, которые определяются, как расстояния между наружными стенами или другими конструкциями зданий. Расстояние до ближайшего строения составляет 20 м. Компоновка, увязка здания с другими объектами выполнена в соответствии с требованиями строительных норм. Территория озеленена и благоустроена.

Расстояние до ближайшего подразделения пожарной-спасательной части № 1 – 1,1 км. Расчетное время прибытия, при средней скорости 40 км/ч – 1 мин. 30 сек., что соответствует нормам.

Для проезда пожарных машин предусмотрен проезд. Подход предусмотрен с одной стороны здания шириной не менее 3,5 м. Расстояние от края прохода для пожарных машин до стен здания составляет 7 м. Наружное пожаротушение обеспечивается передвижным пожарным оборудованием от пожарных гидрантов, расположенных на кольцевом противопожарном водоснабжении.

Подача воды на тушение возможного пожара предусматривается от существующих пожарных гидрантов, расположенных от здания на расстоянии 15 м. и 90 м.

У гидрантов установлены указатели с цифрами, указывающие какое расстояние до источника воды. По НПБ 160-97 установлены указатели ПГ для обозначения мест пожарных гидрантов, установленных на противопожарном водопроводе.

Здание лица оборудовано внутренними пожарными кранами в количестве 7 шт. Внутренние пожарные краны периодически подвергаются техническому обслуживанию и проверяются на работоспособность при запуске воды. О результатах технического обслуживания и проверок составляются акты.

Пожарные краны внутреннего противопожарного водоснабжения оснащены рукавами и стволами, размещенными в шкафах. Пожарные рукава крепятся к кранам и стволам. Раз в год рукава проверяются.

## 4 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

Одним из критериев соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности, в соответствии с пунктом 1, статьи 6 Федерального закона № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», является условие не превышения расчетной величины индивидуального пожарного риска нормативного значения, установленного пунктом 1, статьи 79 указанного закона ( $10^{-6}$  для отдельного человека в наиболее удаленной от выхода из здания точке).

Расчеты проводились согласно «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности», утвержденной приказом № 382 МЧС от 30.06.2009 г. [10].

Формулы, по которым производились расчеты, представлены в Приложении А.

### 4.1 Расчет времени эвакуации из здания 9 корпуса ТПУ (Лицей при ТПУ)

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

1) Для определения времени движения людей на первом участке, с учетом габаритов коридора 36,16 м. на 4,46 м., плотность движения людского потока на первом участке определяется по формуле (А.4):

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1} = \frac{(8 \cdot 0,113 + 144 \cdot 0,16)}{36,16 \cdot 4,46} = 0,2 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$$

По данным таблицы П 2.1 методики, скорость движения 60 м/мин, интенсивность движения 12 м/мин, т. е. время движения на первом участке по формуле (А.3):

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1} = \frac{36,16}{60} = 0,6 \text{ мин.}$$

2) Максимально возможная интенсивность движения в проеме при нормальных условиях  $q_{\max} = 19,6$  м/ мин, интенсивность движения в проеме шириной 1,3 м рассчитывается по формуле (1):

$$q_d = 2,5 + 3,75 \cdot b, \quad (1)$$

$$q_d = 2,5 + 3,75 \cdot b = 2,5 + 3,75 \cdot 1,3 = 7,38 \text{ м/мин,}$$

$q_d \leq q_{\max}$ , поэтому движение через дверной проем проходит беспрепятственно.

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения  $t_2$  через дверной проем будет равняться нулю.

3) Определяем плотность движения людей на третьем участке, с учетом габаритов лестничной клетки 7,46 м. на 7,17 м., плотность движения людского потока на третьем участке определяется по формуле (А.4):

$$D_3 = \frac{N_1 \cdot f}{l_3 \cdot \delta_3} = \frac{(8 \cdot 0,113 + 144 \cdot 0,16)}{7,46 \cdot 7,17} = 0,45 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$$

По данным таблицы П 2.1 методики, скорость движения 40 м/мин, интенсивность движения 16 м/мин, т. е. время движения на третьем участке по формуле (А.3):

$$t_3 = \frac{l_3}{v_3} = \frac{7,46}{40} = 0,1865 \text{ мин.}$$

4) Определяем плотность движения людей на четвертом участке, с учетом габаритов лестничной клетки 7,46 м. на 7,17 м., плотность движения людского потока на четвертом участке определяется по формуле (А.4):

$$D_4 = \frac{N_1 \cdot f}{l_4 \cdot \delta_4} = \frac{(8 \cdot 0,113 + 144 \cdot 0,16)}{7,46 \cdot 7,17} = 0,45 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$$

По данным таблицы П 2.1 методики, скорость движения 40 м/мин, интенсивность движения 16 м/мин, т. е. время движения на четвертом участке по формуле (А.3):

$$t_4 = \frac{l_4}{v_4} = \frac{7,46}{40} = 0,1865 \text{ мин.}$$

5) Интенсивность движения в дверном проеме шириной 1,3 м:

$$q_d = 2,5 + 3,75 \cdot b = 2,5 + 3,75 \cdot 1,3 = 7,38 \text{ м/мин,}$$

$q_d \leq q_{max}$ , поэтому движение через дверной проем проходит беспрепятственно.

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения  $t_5$  через дверной проем будет равняться нулю.

б) Определяем плотность движения людей на шестом участке, с учетом габаритов коридора 30,9 м. на 4,28 м., плотность движения людского потока на шестом участке определяется по формуле (А.4):

$$D_6 = \frac{N_1 \cdot f}{l_6 \cdot \delta_6} = \frac{(8 \cdot 0,113 + 144 \cdot 0,16)}{30,9 \cdot 4,28} = 0,18 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$$

По данным таблицы П 2.1 методики, скорость движения 60 м/мин, интенсивность движения 12 м/мин, т. е. время движения на шестом участке по формуле (А.3):

$$t_6 = \frac{l_6}{v_6} = \frac{30,9}{60} = 0,515 \text{ мин.}$$

7) Интенсивность движения в дверном проеме шириной 1,3 м:

$$q_d = 2,5 + 3,75 \cdot b = 2,5 + 3,75 \cdot 1,3 = 7,38 \text{ м/мин,}$$

$q_d \leq q_{max}$ , поэтому движение через дверной проем проходит беспрепятственно.

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

8) Определяем плотность движения людей на восьмом участке, с учетом габаритов фойе 11 м. на 4 м., плотность движения людского потока на восьмом участке определяется по формуле (А.4):

$$D_8 = \frac{N_1 \cdot f}{l_8 \cdot \delta_8} = \frac{(8 \cdot 0,113 + 144 \cdot 0,16)}{11 \cdot 4} = 0,54 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$$

По данным таблицы П 2.1 методики, скорость движения 33 м/мин, интенсивность движения 16,5 м/мин, т. е. время движения на восьмом участке по формуле (А.3):

$$t_8 = \frac{l_8}{v_8} = \frac{30,9}{33} = 0,936 \text{ мин.}$$

9) Определяем плотность движения людей на девятом участке, с учетом габаритов вестибюля 8,1 м. на 4,8 м., плотность движения людского потока на девятом участке определяется по формуле (А.4):

$$D_9 = \frac{N_1 \cdot f}{l_9 \cdot \delta_9} = \frac{(8 \cdot 0,113 + 144 \cdot 0,16)}{8,1 \cdot 4,8} = 0,61 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$$

По данным таблицы П 2.1 методики, скорость движения 28 м/мин, интенсивность движения 16,3 м/мин.

На девятом участке время движения по вестибюлю составляет:

$$t_9 = \frac{l_9}{v_9} = \frac{8,1}{28} = 0,289 \text{ мин}$$

10) Интенсивность движения в дверном проеме шириной 1,3 м:

$$q_d = 2,5 + 3,75 \cdot b = 2,5 + 3,75 \cdot 1,3 = 7,38 \text{ м/мин,}$$

$q_d \leq q_{max}$ , поэтому движение через дверной проем проходит беспрепятственно.

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения  $t_{10}$  через дверной проем в фойе будет равняться нулю.

11) Определяем плотность движения людей на одиннадцатом участке, с учетом габаритов тамбура 3,1 м. на 2,3 м., плотность движения людского потока определяется по формуле (А.4):

$$D_{11} = \frac{N_1 \cdot f}{l_{11} \cdot \delta_{11}} = \frac{(8 \cdot 0,113 + 144 \cdot 0,16)}{3,1 \cdot 2,3} = 3,35 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^2}$$

По данным таблицы П 2.1 методики, скорость движения 15 м/мин, интенсивность движения 13,5 м/мин.

На одиннадцатом участке время движения по вестибюлю составляет:

$$t_{11} = \frac{l_{11}}{v_{11}} = \frac{3,1}{15} = 0,2 \text{ мин}$$

12) Время эвакуации через дверной проем на улицу:

При максимальной плотности людского потока интенсивность движения через дверной проем на улицу шириной более 1,6 м – 8,5 м/мин,  $q_d \leq q_{max}$ , поэтому движение через дверной проем проходит беспрепятственно.

Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю, соответственно время движения  $t_{12}$  через дверной проем в фойе будет равняться нулю.

13) Расчетное время эвакуации рассчитывается по формуле (А.1):

$$\begin{aligned} t_p &= t_{н.э.} + t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6 + t_7 + t_8 + t_9 + t_{10} + t_{11} + t_{12} = \\ &= 0 + 0,6 + 0 + 0,1865 + 0,1865 + 0 + 0,515 + 0 + 0,936 + 0,289 \\ &+ 0 + 0,2 + 0 = 2,913 \text{ мин.} = 174,78 \text{ с.} \end{aligned}$$

## 4.2 Расчет времени блокирования путей эвакуации при пожаре

Выбор места очага пожара производится экспертом. Был учтен объем горючей нагрузки, ее свойства и расположение, вероятность возникновения пожара, возможная динамика его развития, расположение эвакуационных путей и выходов.

Необходимо рассмотреть три сценария развития пожара: библиотека; гардероб; кабинет информатики.

Для сценариев рассчитывается время достижения каждого из опасных факторов пожара максимально допустимого значения на путях эвакуации.

4.2.1 *Определение времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП.*

*Сценарий 1*

Исходные данные:

- 1) высота помещения = 3,3 м.;
- 2) длина помещения = 7,39 м.;
- 3) ширина помещения = 3,81 м.

Минимальное время блокирования, с. – 14,74.

Результат расчета представлен в таблице В.1 приложения В.

Протокол определения времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара по сценарию 1 представлен в приложении В.

Расчет 1 (Здание 1-2 степени огнестойкости: мебель+бытовые изделия):

- 1) Определяется высота рабочей зоны по формуле (А.14):

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

- 2) Параметр по формуле (А.13):

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) = \frac{1,7}{3,3} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{3,3}\right) = 1,06$$

- 3) Параметр по формуле (А.17):

$$A = \Psi_{уд} \cdot v \cdot b = 0,015 \cdot 0,011 \cdot 1 = 0,000165 = 1,65 \cdot 10^{-4}$$

- 4) Коэффициент полноты горения по формуле (А.12):

$$\eta = 0,63 + 0,2 \cdot X_{OX,a} + 1500 \cdot X_{OX,a}^6 = 0,63 + 0,2 \cdot 0,21 + 1500 \cdot 0,21^6 = 0,8$$

- 5) Свободный объем помещения:

$$V_{св} = 0,8 \cdot V_{пом} = 0,8 \cdot 3,81 \cdot 7,39 \cdot 3,3 = 74,3 \text{ м}^3.$$

- 6) Параметр:

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_H} = \frac{353 \cdot 0,00104512 \cdot 74,3}{(1 - 0,7) \cdot 0,8 \cdot 13,8} = 8,28$$

- 7) Расчет критического времени по повышенной температуре по формуле (А.8):

$$t_{\text{кр}}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{8,28}{1,65 \cdot 10^{-4}} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - 23}{(273 + 23) \cdot 1,06} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} = 83,69 \text{ с.}$$

8) Расчет критического времени по потере видимости по формуле

(А.9):

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

$$= \left\{ \frac{8,28}{0,000165} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{74,3 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 8,28 \cdot 270 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 14,74 \text{ с.}$$

9) Расчет критического времени по пониженному содержанию кислорода по формуле (А.10):

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

$$= \left\{ \frac{8,28}{0,000165} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{8,28 \cdot 1,03}{74,3} + 0,27 \right) \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 75,7 \text{ с.}$$

10) Расчет критического времени по каждому из газообразных токсичных продуктов горения по формуле (А.11):

• По  $\text{CO}_2$ :

$$t_{\text{кр}}^{\text{т.г.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{8,28}{0,000165} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{74,3 \cdot 0,11}{8,28 \cdot 0,203 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \left\{ \frac{8,28}{0,000165} \cdot \ln(-0,27) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Знак логарифма имеет отрицательное число  $-0,27$ , значит  $t_{\text{кр}}^{CO_2}$  не представляет опасности.

• По  $\text{CO}$ :

$$t_{\text{кр}}^{\text{т.г.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{8,28}{0,000165} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{74,3 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{8,28 \cdot 0,002 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \left\{ \frac{8,28}{0,000165} \cdot \ln(-0,26) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Знак логарифма имеет отрицательное число  $-0,26$ , значит  $t_{кр}^{CO}$  не представляет опасности.

- По HCl:

$$t_{кр}^{T.Г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{8,28}{0,000165} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{74,3 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{8,28 \cdot 0,014 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 26,5 \text{ с.}$$

- 11) Расчет времени блокирования по формуле (А.7):

$$t_{бл} = \min \{ t_{кр}^T, t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{T.Г.} \} = 14,74 \text{ с.}$$

Расчет 2 (Библиотеки, архивы, книги, журналы на стеллажах):

- 1) Определяется высота рабочей зоны:

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

- 2) Параметр:

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp \left( 1,4 \cdot \frac{h}{H} \right) = \frac{1,7}{3,3} \cdot \exp \left( 1,4 \cdot \frac{1,7}{3,3} \right) = 1,06$$

- 3) Параметр:

$$A = \Psi_{уд} \cdot v \cdot b = 0,011 \cdot 0,01 \cdot 1 = 0,00011 = 1,1 \cdot 10^{-4}$$

- 4) Коэффициент полноты горения:

$$\eta = 0,63 + 0,2 \cdot X_{OX,a} + 1500 \cdot X_{OX,a}^6 = 0,63 + 0,2 \cdot 0,21 + 1500 \cdot 0,21^6 = 0,8$$

- 5) Свободный объем помещения:

$$V_{св} = 0,8 \cdot V_{пом} = 0,8 \cdot 3,81 \cdot 7,39 \cdot 3,3 = 74,3 \text{ м}^3.$$

- 6) Параметр:

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_H} = \frac{353 \cdot 0,00104512 \cdot 74,3}{(1 - 0,7) \cdot 0,8 \cdot 14,5} = 7,88$$

- 7) Расчет критического времени по повышенной температуре:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{7,88}{1,1 \cdot 10^{-4}} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - 23}{(273 + 23) \cdot 1,06} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} = 99,9 \text{ с.}$$

- 8) Расчет критического времени по потере видимости:

$$t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{np} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{7,88}{0,00011} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{74,3 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 7,88 \cdot 49,5 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 42,39 \text{ с.}$$

9) Расчет критического времени по пониженному содержанию кислорода:

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

$$= \left\{ \frac{7,88}{0,00011} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{7,88 \cdot 1,154}{74,3} + 0,27 \right) \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 89,5 \text{ с.}$$

10) Расчет критического времени по каждому из газообразных токсичных продуктов горения:

- По  $\text{CO}_2$ :

$$t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{7,88}{0,00011} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{74,3 \cdot 0,11}{7,88 \cdot 1,109 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 391,5 \text{ с.}$$

- По  $\text{CO}$ :

$$t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{7,88}{0,00011} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{74,3 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{7,88 \cdot 0,097 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 89,76 \text{ с.}$$

- По  $\text{HCl}$ :

$$t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{7,88}{0,00011} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{74,3 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{7,88 \cdot 0 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

В вычислениях недопустимая операция – деление на ноль, значит  $t_{\text{кр}}^{\text{HCl}}$  не представляет опасности.

11) Расчет времени блокирования:

$$t_{\text{бл}} = \min \{ t_{\text{кр}}^T, t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}}, t_{\text{кр}}^{O_2}, t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} \} = 42,39 \text{ с.}$$

4.2.2 *Определение времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП.*

*Сценарий 2*

Исходные данные:

1) длина помещения = 4 м;

2) ширина помещения = 2,6м;

3) высота помещения = 3,3 м.

Минимальное время блокирования, с. – 1,6.

Результат расчета представлен в таблице Г.1 приложения Г.

Протокол определения времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара представлен в приложении Г.

Расчет 3 (Здания I-II ст. огнест.; мебель + ткани):

1) Определяется высота рабочей зоны:

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

2) Параметр:

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) = \frac{1,7}{3,3} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{3,3}\right) = 1,06$$

3) Параметр:

$$A = \Psi_{уд} \cdot v \cdot b = 0,015 \cdot 0,011 \cdot 1 = 0,000165 = 1,65 \cdot 10^{-4}$$

4) Коэффициент полноты горения:

$$\eta = 0,63 + 0,2 \cdot X_{OX,a} + 1500 \cdot X_{OX,a}^6 = 0,63 + 0,2 \cdot 0,21 + 1500 \cdot 0,21^6 = 0,8$$

5) Свободный объем помещения:

$$V_{св} = 0,8 \cdot V_{пом} = 0,8 \cdot 10,4 \cdot 3,3 = 27,5 \text{ м}^3.$$

6) Параметр:

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_H} = \frac{353 \cdot 0,00104512 \cdot 27,5}{(1 - 0,7) \cdot 0,8 \cdot 14,7} = 2,88$$

7) Расчет критического времени по повышенной температуре:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{2,88}{1,65 \cdot 10^{-4}} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - 23}{(273 + 23) \cdot 1,06} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} = 49,36 \text{ с.}$$

8) Расчет критического времени по потере видимости:

$$t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \\ = \left\{ \frac{2,88}{0,000165} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{27,5 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 2,88 \cdot 82 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 16,32 \text{ с.}$$

9) Расчет критического времени по пониженному содержанию кислорода:

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

$$= \left\{ \frac{2,88}{0,000165} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{2,88 \cdot 1,437}{27,5} + 0,27 \right) \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 42,6 \text{ с.}$$

10) Расчет критического времени по каждому из газообразных токсичных продуктов горения:

- По  $\text{CO}_2$ :

$$t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{2,88}{0,000165} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{27,5 \cdot 0,11}{2,88 \cdot 1,285 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 160,43 \text{ с.}$$

- По  $\text{CO}$ :

$$t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{2,88}{0,000165} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{27,5 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{2,88 \cdot 0,002 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \left\{ \frac{8,28}{0,000165} \cdot \ln(-0,23) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Знак логарифма имеет отрицательное число  $-0,23$ , значит  $t_{\text{кр}}^{\text{CO}}$  не представляет опасности.

- По  $\text{HCl}$ :

$$t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{2,88}{0,000165} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{27,5 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{2,88 \cdot 0,006 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 24,77 \text{ с.}$$

11) Расчет времени блокирования:

$$t_{\text{бл}} = \min \{ t_{\text{кр}}^T, t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}}, t_{\text{кр}}^{O_2}, t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} \} = 16,32 \text{ с.}$$

Расчет 4 (Верхняя одежда; ворс. ткани (шерсть+нейлон)):

1) Определяется высота рабочей зоны:

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

2) Параметр:

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) = \frac{1,7}{3,3} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{3,3}\right) = 1,06$$

3) Параметр:

$$A = \Psi_{\text{уд}} \cdot v \cdot b = 0,013 \cdot 0,084 \cdot 1 = 0,01092 = 1,092 \cdot 10^{-2}$$

4) Коэффициент полноты горения:

$$\eta = 0,63 + 0,2 \cdot X_{O_{X,a}} + 1500 \cdot X_{O_{X,a}}^6 = 0,63 + 0,2 \cdot 0,21 + 1500 \cdot 0,21^6 = 0,8$$

5) Свободный объем помещения:

$$V_{\text{св}} = 0,8 \cdot V_{\text{пом}} = 0,8 \cdot 10,4 \cdot 3,3 = 27,5 \text{ м}^3.$$

6) Параметр:

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_{\text{н}}} = \frac{353 \cdot 0,00104512 \cdot 27,5}{(1 - 0,7) \cdot 0,8 \cdot 23,3} = 1,81$$

7) Расчет критического времени по повышенной температуре:

$$t_{\text{кр}}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{1,82}{1,092 \cdot 10^{-2}} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - 23}{(273 + 23) \cdot 1,06} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} = 4,82 \text{ с.}$$

8) Расчет критического времени по потере видимости:

$$t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{\text{пр}} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{1,82}{0,01092} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{27,5 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 1,82 \cdot 129 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} =$$

$$= 1,6 \text{ с.}$$

9) Расчет критического времени по пониженному содержанию кислорода:

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

$$= \left\{ \frac{1,82}{0,01092} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{1,82 \cdot 3,698}{27,5} + 0,27 \right) \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} = 3,74 \text{ с.}$$

10) Расчет критического времени по каждому из газообразных токсичных продуктов горения:

- По  $\text{CO}_2$ :

$$t_{кр}^{Т.Г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{1,82}{0,01092} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{27,5 \cdot 0,11}{1,82 \cdot 0,467 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \left\{ \frac{1,82}{0,01092} \cdot \ln(-0,42) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Под знаком логарифма отрицательное число  $-0,42$ , значит  $t_{кр}^{CO_2}$  не представляет опасности.

- По CO:

$$t_{кр}^{Т.Г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{1,82}{0,01092} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{27,5 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{1,82 \cdot 0,015 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}} =$$

$$= \left\{ \frac{8,28}{0,000165} \cdot \ln(-9,77) \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Знак логарифма имеет отрицательное число  $-9,77$ , значит  $t_{кр}^{CO}$  не представляет опасности.

- По HCl:

$$t_{кр}^{Т.Г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{1,82}{0,01092} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{27,5 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{1,82 \cdot 0 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Под знаком логарифма недопустимая операция – деление на ноль, значит  $t_{кр}^{HCl}$  не представляет опасности.

- 11) Расчет времени блокирования:

$$t_{бл} = \min\{t_{кр}^T, t_{кр}^{П.В.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{Т.Г.}\} = 1,6 \text{ с.}$$

#### 4.2.3 Определение времени от начала пожара до блокирования

эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП.

#### Сценарий 3

Данные для расчета:

- 1) длина помещения = 7,25 м;
- 2) ширина помещения = 7,1 м;

3) высота помещения = 3,3 м.

Минимальное время блокирования, с. – 28,3 с.

Результат расчета представлен в таблице Д.2 приложения Д.

Протокол определения времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара представлен в приложении Д.

Расчет 5 (Здания I-II ст. огнест.; мебель+бытовые изделия):

1) Определяется высота рабочей зоны:

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

2) Параметр:

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) = \frac{1,7}{3,3} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{3,3}\right) = 1,06$$

3) Параметр:

$$A = 1,05 \cdot \Psi_{уд} \cdot v^2 = 0,015 \cdot 0,011^2 \cdot 1,05 = 0,0000019 = 1,9 \cdot 10^{-6}$$

4) Коэффициент полноты горения:

$$\eta = 0,63 + 0,2 \cdot X_{OX,a} + 1500 \cdot X_{OX,a}^6 = 0,63 + 0,2 \cdot 0,21 + 1500 \cdot 0,21^6 = 0,8$$

5) Свободный объем помещения:

$$V_{св} = 0,8 \cdot V_{пом} = 0,8 \cdot 51,5 \cdot 3,3 = 135,96 \text{ м}^3.$$

6) Параметр:

$$B = \frac{353 \cdot Cp \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_H} = \frac{353 \cdot 0,00104512 \cdot 135,96}{(1 - 0,7) \cdot 0,8 \cdot 13,8} = 15,14$$

7) Расчет критического времени по повышенной температуре:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{15,14}{1,9 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - 23}{(273 + 23) \cdot 1,06} \right] \right\}^{\frac{1}{3}} = 103,61 \text{ с.}$$

8) Расчет критического времени по потере видимости:

$$t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \\ = \left\{ \frac{15,14}{1,9 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{135,96 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 15,14 \cdot 270 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 32,57 \text{ с.}$$

9) Расчет критического времени по пониженному содержанию кислорода:

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

$$= \left\{ \frac{15,14}{1,9 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{15,14 \cdot 1,03}{135,96} + 0,27 \right) \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 96,9 \text{ с.}$$

10) Расчет критического времени по каждому из газообразных токсичных продуктов горения:

- По  $\text{CO}_2$ :

$$t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{15,14}{1,9 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{135,96 \cdot 0,11}{15,14 \cdot 0,203 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} =$$

$$= \left\{ \frac{15,14}{1,9 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln(-0,28) \right\}^{\frac{1}{3}}$$

Знак логарифма имеет отрицательное число  $-0,28$ , значит  $t_{\text{кр}}^{\text{CO}_2}$  не представляет опасности.

- По  $\text{CO}$ :

$$t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{15,14}{1,9 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{135,96 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{15,14 \cdot 0,002 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} =$$

$$= \left\{ \frac{15,14}{1,9 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln(-0,26) \right\}^{\frac{1}{3}}$$

Знак логарифма имеет отрицательное число  $-0,26$ , значит  $t_{\text{кр}}^{\text{CO}}$  не представляет опасности.

- По  $\text{HCl}$ :

$$t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{15,14}{1,9 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{135,96 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{15,14 \cdot 0,014 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} =$$

$$= 48,16 \text{ с.}$$

11) Расчет времени блокирования:

$$t_{\text{бл}} = \min \{ t_{\text{кр}}^T, t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}}, t_{\text{кр}}^{O_2}, t_{\text{кр}}^{\text{Т.Г.}} \} = 32,57 \text{ с.}$$

Расчет 6 (Электрокабель АВВГ; ПВХ оболочка+изоляция):

1) Определяется высота рабочей зоны:

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

2) Параметр:

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) = \frac{1,7}{3,3} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{3,3}\right) = 1,06$$

3) Параметр:

$$A = 1,05 \cdot \Psi_{уд} \cdot v^2 = 0,024 \cdot 0,007^2 \cdot 1,05 = 0,00000123 = 1,23 \cdot 10^{-6}$$

4) Коэффициент полноты горения:

$$\eta = 0,63 + 0,2 \cdot X_{O_{X,a}} + 1500 \cdot X_{O_{X,a}}^6 = 0,63 + 0,2 \cdot 0,21 + 1500 \cdot 0,21^6 = 0,8$$

5) Свободный объем помещения:

$$V_{св} = 0,8 \cdot V_{пом} = 0,8 \cdot 51,5 \cdot 3,3 = 135,96 \text{ м}^3.$$

6) Параметр:

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q_H} = \frac{353 \cdot 0,00104512 \cdot 135,96}{(1 - 0,7) \cdot 0,8 \cdot 25} = 8,36$$

7) Расчет критического времени по повышенной температуре:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{8,36}{1,23 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - 23}{(273 + 23) \cdot 1,06} \right] \right\}^{\frac{1}{3}} = 98,26 \text{ с.}$$

8) Расчет критического времени по потере видимости:

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

$$= \left\{ \frac{8,36}{1,23 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{135,96 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 8,36 \cdot 635 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 28,3 \text{ с.}$$

9) Расчет критического времени по пониженному содержанию кислорода:

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

$$= \left\{ \frac{8,36}{1,23 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{8,35 \cdot 2,190}{135,96} + 0,27 \right) \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 90,28 \text{ с.}$$

10) Расчет критического времени по каждому из газообразных токсичных продуктов горения:

- По  $CO_2$ :

$$t_{кр}^{т.г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{8,36}{1,23 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{135,96 \cdot 0,11}{8,36 \cdot 0,398 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} =$$

$$= \left\{ \frac{8,36}{1,23 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln(-0,3) \right\}^{\frac{1}{3}}$$

Знак логарифма имеет отрицательное число  $-0,3$ , значит  $t_{кр}^{CO_2}$  не представляет опасности.

- По CO:

$$t_{кр}^{т.г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{8,36}{1,23 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{135,96 \cdot 1,16 \cdot 10^{-3}}{8,36 \cdot 0,109 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} =$$

$$= 106,6 \text{ с.}$$

- По HCl:

$$t_{кр}^{т.г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}} = \left\{ \frac{8,36}{1,23 \cdot 10^{-6}} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{135,96 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{8,36 \cdot 0,025 \cdot 1,06} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{3}} = 45,89 \text{ с}$$

11) Расчет времени блокирования:

$$t_{бл} = \min\{t_{кр}^T, t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{т.г.}\} = 28,3 \text{ с.}$$

### 4.3 Расчет величин пожарного риска в лицее при ТПУ

#### 4.3.1 Расчет величин пожарного риска (библиотека). Сценарий 1

Исходные данные указаны в таблице 3.

Таблица 3 – исходные данные

Qп, год <sup>-1</sup>	Кап	tфункц, час	tr, мин	tnз, мин	tбл, мин	tск, мин	Кобн	Ксоуэ	Кпдз
0,0116	0,9	9	2,913	0	0,25	0	0,8	0,8	0

1) Определяем вероятность присутствия людей в здании:

$$P_{пр} = \frac{t_{функц}}{24}, \quad (2)$$

где

$t_{функц} = 9$  час. – время нахождения людей в здании;

$$P_{пр} = 9/24 = 0.375$$

2) Вычисляем вероятность эвакуации людей по формуле (А.19):

Так как  $t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл}$ , полагаем  $P_э = 0$ .

3) Рассчитываем коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты по формуле (А.20):

$$K_{ПЗ} = 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0) = 0,64$$

4) Определим индивидуальный пожарный риск  $Q_v$  в здании по формуле (А.18):

$$Q_v = 0,0116 \cdot (1 - 0,9) \cdot 0,375 \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0,64) = 1,56 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

#### 4.3.2 Расчет величины пожарного риска (гардероб). Сценарий 2

Исходные данные указаны в таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные

$Q_n, \text{год}^{-1}$	$K_{ап}$	$t_{функц}, \text{час}$	$t_p, \text{мин}$	$t_{нэ}, \text{мин}$	$t_{бл}, \text{мин}$	$t_{ск}, \text{мин}$	$K_{обн}$	$K_{соуэ}$	$K_{ПЗ}$
0,0116	0,9	9	2,913	0	0,027	0	0,8	0,8	0

1) Определяем вероятность присутствия людей в здании по формуле (2):

$$P_{пр} = 9/24 = 0.375$$

2) Вычисляем вероятность эвакуации людей по формуле (А.19): :

Так как  $t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл}$ , полагаем  $P_э = 0$ .

3) Рассчитываем коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты по формуле (А.20):

$$K_{ПЗ} = 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0) = 0,64$$

4) Определим индивидуальный пожарный риск  $Q_v$  в здании по формуле (А.18):

$$Q_v = 0,0116 \cdot (1 - 0,9) \cdot 0,375 \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0,64) = 1,56 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

### 4.3.3 Расчет величины пожарного риска (кабинет информатики).

#### Сценарий 3

Исходные данные указаны в таблице 5.

Таблица 5 – Исходные данные

$Q_{п}, \text{год}^{-1}$	$K_{ап}$	$t_{\text{функц}}, \text{час}$	$t_{р}, \text{мин}$	$t_{нэ}, \text{мин}$	$t_{бл}, \text{мин}$	$t_{ск}, \text{мин}$	$K_{обн}$	$K_{соуэ}$	$K_{пдз}$
0,0116	0,9	9	2,913	0	0,47	0	0,8	0,8	0

1) Определяем вероятность присутствия людей в здании по формуле (2):

$$P_{пр} = 9/24 = 0.375$$

2) Вычисляем вероятность эвакуации людей по формуле (А.19):

Так как  $t_{р} \geq 0,8 \cdot t_{бл}$ , полагаем  $P_{э} = 0$ .

3) Рассчитываем коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты по формуле (А.20):

$$K_{пз} = 1 - (1 - 0,8 \cdot 0,8) \cdot (1 - 0,8 \cdot 0) = 0,64$$

4) Определим индивидуальный пожарный риск  $Q_{в}$  в здании по формуле (А.18):

$$Q_{в} = 0,0116 \cdot (1 - 0,9) \cdot 0,375 \cdot (1 - 0) \cdot (1 - 0,64) = 1,56 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}.$$

Вывод: Индивидуальный пожарный риск превышает допустимое значение.

Расчетная величина индивидуального пожарного риска в здании, сооружении и пожарном отсеке, определена максимальным значением пожарного риска, из рассмотренных сценариев пожара, составляет  $1,56 \cdot 10^{-4} \text{ год}^{-1}$ . Согласно статистическим данным о частоте возникновения пожара в зданиях общеобразовательных организациях, частота равна  $1,16 \cdot 10^{-2}$ .

Согласно ФЗ-№ 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», расчетная величина должна составлять  $10^{-6}$ , для отдельного человека в наиболее удаленной от выхода точке. Согласно результатам

расчетов, для МБОУ лица при ТПУ г. Томска требуются дополнительные мероприятия по пожарной безопасности.

## 5 МЕРОПРИЯТИЯ ПО СНИЖЕНИЮ ПОЖАРНОГО РИСКА ОБЪЕКТА ЗАЩИТЫ

Для снижения величины пожарного риска необходимо устранить причины его повышения, что может быть реализовано за счет совершенствования технических систем и повышения профессионализма сотрудников. Необходимо проводить постоянные инструктажи по технике безопасности и правилам пожарной безопасности под личную подпись.

Также в качестве дополнительных рекомендаций, на момент ремонта, в качестве отделки использовать только разрешенные нормативными документами материалы. Для соблюдения всех требований необходим постоянный контроль со стороны отдела пожарной безопасности НИ ТПУ, пожарной инспекции и сотрудников МЧС региона.

Анализ и оценка рисков позволили определить основные направления снижения пожарного риска для МБОУ лица при ТПУ.

Чтобы значение уровня пожарного риска не превышало одной миллионной в год, необходимо выполнить следующий комплекс инженерно-технических и организационных мероприятий:

1) обеспечение свободного открывания дверей на путях эвакуации и в направлении выхода из здания, наличие замков на дверях аварийных выходов, которые обеспечивают людям внутри здания, возможность свободного открывания замков изнутри без ключа;

2) на объекте надо установить противопожарные двери и двери, обеспечивающие газодымопроницаемость с устройствами для самозакрывания;

3) обеспечение технической надежности элементов СОУЭ людей при пожаре, при которой вероятность эффективного срабатывания системы СОУЭ  $K_{\text{СОУЭ}} = 0,8$ ;

4) устройство системы оповещения и управления эвакуацией людей III типа;

5) сохранение ширины эвакуационных путей и выходов;

6) все строительные конструкции и оборудование, используемое в стенах и на территории лицея, должны иметь огнезащитную обработку.

7) обеспечение технической надежности элементов пожарной сигнализации, при которой вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации  $K_{обн} = 0,8$ .

Наиболее эффективным способом защиты является установка автоматических систем пожаротушения.

Поскольку школы и другие детские учреждения относятся к помещениям, в которых постоянно находятся массы людей, единственным возможным огнетушащим средством является вода. Несмотря на то, что использование воды может нанести существенный вред имуществу, данный способ абсолютно безвреден для людей, оказавшихся в зоне работы автоматики. Также распыление воды помогает не только сдержать распространение пожара, но и вывести людей через зоны возгорания.

Используемые системы пожаротушения используют дисперсионное распыление воды (спринклерные установки), позволяющее достичь тех же целей при меньшем расходе воды.

С учетом того, как реагируют сотрудники пожарной охраны на сигнализацию в школе, а они склонны в первую очередь подозревать факты хулиганства, необходимо использовать системы пожаротушения с максимальной защитой от ошибочных срабатываний.

В качестве защиты от пожара и выделяемых опасных продуктов горения можно предложить СИЗОД противодымный капюшон. Он эффективно противостоит тепловому повреждению кожи открытых частей лица во время самостоятельного ухода из очага возгорания или ухода. Кроме этого изделие исключает нанесение вреда слизистым оболочкам глаз. Защитный капюшон представляет собой капюшон, верхняя часть которого выполнена из

прозрачного незапотевающего материала, нижняя часть выполнена из мягкого волокнистого воздухопроницаемого высокоэффективного фильтрующего материала, на котором установлен противогазоаэрозольный респиратор, соединенный с капюшоном общим клапаном выдоха. Герметизация капюшона осуществляется за счет шнура, расположенного в нижней части капюшона. Обладает минимальными размером и весом, а главное одновременно защищает от более чем 20 химически опасных веществ. Примерная стоимость одного комплекта составляет 2500 рублей.

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

## **6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ**

### **6.1 Введение**

Социальная ответственность – умение специалиста вести профессиональную деятельность в рамках подготовки с учетом социальных, правовых, экологических и культурных аспектов, вопросов охраны здоровья и безопасности жизнедеятельности, нести социальную ответственность за принимаемые решения.

В данном разделе бакалаврской работы будут рассмотрены вредные и опасные факторы на работников в кабинете директора.

Объектом исследования является кабинет директора МБОУ Лицей при ТПУ, расположенного по адресу г. Томск ул. Аркадия Иванова 4.

Площадь помещения 24,1 м<sup>2</sup>, одно окно из поливинилхлорида (ПВХ), люминесцентные лампы, в помещении работают 2 человека, работа выполняется в сидячем положении у монитора. Поэтому они сталкиваются с воздействием физических опасных и вредных факторов, таких как, отсутствие или недостаток естественного света, недостаточная освещенность рабочей зоны, неудовлетворительные микроклиматические параметры, возможность поражения электрическим током, статическое электричество и электромагнитные излучения. Не маловажную 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.

### **6.2 Производственная безопасность**

Согласно ГОСТ 12.0.003-2015 [14] воздействующие на человека факторы можно разделить на две группы – вредные и опасные.

Опасный фактор – фактор среды обитания, способный при определенных условиях привести к травме или любому другому внезапному, резкому ухудшению здоровья человека.

К опасным производственным факторам относится повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека, повышенный уровень статического электричества.

Вредный фактор – фактор среды обитания, способный при определенных условиях вызвать заболевание при длительном воздействии на человека или оказать негативное воздействие на его потомство. Вредные факторы обладают способностью становиться опасными при высоких уровнях или при длительном воздействии.

Факторы, которые могут воздействовать в ходе работы, приведены в таблице 6.

*Таблица 6 – Опасные и вредные факторы*

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа за персональным компьютером	Недостаточная освещенность рабочей зоны		ГОСТ Р 55710-2013 , СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03
		Электрический ток	ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ

Источник фактора	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-2015)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
	Отклонение показателей микроклимата		СанПиН 2.2.4.548–96
	Повышенный уровень шума		СН 2.2.4/2.1.8.562-96
	Повышенный уровень электромагнитного излучения		СанПиН 2.2.4.3359-16
		Взрывы и пожары	ГОСТ Р12.1.004-85 ССБТ Пожарная безопасность, ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность

### 6.2.1 Анализ выявленных вредных факторов

#### Недостаточная освещенность:

Рабочая зона или рабочее место работника освещается таким образом, чтобы можно было отчетливо видеть процесс работы, не напрягая зрения, а также исключается прямое попадание лучей источника света в глаза. Вопрос

освещенности рабочих мест, оборудованными компьютерами изложен в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» [12].

Освещенность на поверхности стола от системы общего освещения не должна быть более 300лк [13]. Нормирование освещенности для работы за ПК приведено в таблице 7.

Таблица 7 – нормирование освещенности для работы за ПК

Характеристика зрительной работы		Очень высокой точности		Высокой точности		Средней точности	
Наименьший размер объекта различения, мм		0,15–0,3		0,3–0,5		более 0,5	
Разряд и подразряд зрительной работы		A1	A2	B1	B2	B1	B2
Продолжительность зрительной работы, %		70	70	70	70	70	70
Искусственное освещение	Освещение рабочей поверхности, лк	500	400	300	200	150	100
	Кп, %	10	10	15	20	20	20
Естественное освещение КЕО, %, при	верхнем или комбинированном	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0	2,0
	боковом	1,5	1,2	1,0	0,7	0,5	0,5

Расчет освещения производится для помещения площадью 24,1м<sup>2</sup>, длина которого 7,3 м, ширина 3,3 м, высота 3,3 м. Воспользуемся методом

светового потока. Расчет общего равномерного искусственного освещения выполняют методом коэффициента использования светового потока.

Световой поток лампы  $F$  рассчитывается по формуле:

$$F = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta} \quad (3)$$

где  $F$  – световой поток каждой из ламп, лм;

$E$  – минимальная освещенность, лк;

$E = 300$  лк (по данным СанПиН 23-05-95: «при выполнении зрительных работ высокой точности общая освещенность должна составлять 300 лк, контраст объекта с фоном – малый, характеристика фона – средний»);

$S$  – площадь освещенного помещения,  $S = 3,3 \cdot 7,3 = 24,1 \text{ м}^2$ ;

$Z$  – коэффициент минимальной освещенности, значение которого для люминесцентных ламп = 1,1;

$k$  – коэффициент запаса,  $k = 1,5$ ;

$n$  – число ламп в помещении;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока ламп.

Для определения коэффициента использования светового потока требуется знать индекс помещения  $i$ , а также значения коэффициентов отражения потолка ( $\rho_p$ ) и стен ( $\rho_c$ ).

$$i = \frac{S}{h \cdot (A+B)} \quad (4)$$

$$h = H - h_2 - h_1 \quad (5)$$

где  $A, B$  – размеры помещения,  $A = 7,3$  м,  $B = 3,3$  м;

$H$  – высота помещения;

$h$  – высота светильников над рабочей поверхностью;

$h_2$  – расстояние светильников от перекрытия (свес)  $h_2 = 0,5$  м;

$h_1$  – высота рабочей поверхности над полом  $h_1 = 0,7$  м.

$h = 3,3 - 0,5 - 0,7 = 2,1$  м.

Исходя из размеров помещения  $A = 7,3$  м. и  $B = 3,3$  м:

$$i = 24,1 / (2,1 \cdot (7,3 + 3,3)) = 1,08 = 1,1$$

Коэффициенты отражения потолка ( $\rho_n$ ) и стен ( $\rho_c$ ) приведены в таблице 8.

Таблица 8 – коэффициенты отражения потолка ( $\rho_n$ ) и стен ( $\rho_c$ )

Характер отражающей поверхности	Коэффициент отражения $\rho$ , %
Побеленный потолок и побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами	70
Чистый бетонный или светлый деревянный потолок; побеленный потолок в сырых помещениях; побеленные стены с окнами без штор	50
Бетонный потолок в грязных помещениях, деревянный потолок, бетонные стены с окнами, а также стены, оклеенные светлыми обоями	80
Бетонные и деревянные потолки и стены в помещениях с большим количеством темной пыли; сплошное остекление без штор; стены кирпичные неоштукатуренные; стены с темными обоями	10

По таблице 3 принимаем значение коэффициентов отражения потолка ( $\rho_n=70\%$ ) и стен ( $\rho_c = 50\%$ ).

В качестве источника света будем использовать люминесцентные лампы, для них  $\eta = 0,51$ .

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 24,1 \cdot 1,1}{1 \cdot 0,51} = 23391 \text{ лк.}$$

Таки образом, система освещения данного помещения должна состоять из одного двухлампового светильника типа ОД-2-30 с люминесцентными лампами ЛД мощностью 30 Вт со световым потоком 23391 лк.

#### Несоответствие условиям труда:

Условия труда по степени вредности и (или) опасности подразделяются на четыре класса – оптимальные, допустимые, вредные и опасные условия труда.

1 класс – оптимальный (совокупность факторов позволяет сохранять здоровье, поддерживать высокую работоспособность).

2 класс – допустимый (факторы среды и трудового процесса не превышают установленных норм, а возможные изменения функционального состояния организма, вызванные усталостью, утомлением, восстанавливаются во время регламентированного отдыха или к началу следующей смены).

1 и 2 классы соответствуют безопасным условиям труда.

3 класс – вредный (наличие вредных факторов, оказывающих неблагоприятное действие на организм работающего и/или его потомство).

Вредные условия труда по степени изменений в организме работающих подразделяются на 4 степени.

4 класс – опасный, производственные факторы даже в течение части рабочей смены создают угрозу для жизни, создают высокий риск острых профессиональных поражений.

Работа многих сотрудников связана с длительным нахождением за компьютером. В соответствии с действующими нормами негативное воздействие от монитора компьютера оказывает существенное влияние на организм сотрудника, что может расцениваться как вредный фактор в условиях труда. В данном случае, учитываться будет в первую очередь продолжительность взаимодействия служащего с компьютером.

В Типовой инструкции по ОТ № Р-45-084-01 закреплены негативные факторы, которые могут оказывать воздействие на организм служащих, продолжительное время работающих с компьютером:

- низкий уровень ионизации воздуха;
- увеличенные показатели электромагнитных излучений и статического электричества;
- повышенные нагрузки на зрение трудящегося;
- длительное статическое физическое напряжение.

Помимо этого 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. Поэтому требования касающиеся оборудования трудовых мест пользователей ПК включают обеспечение правильной мебелью, создание комфортных микроклиматических условий и необходимого уровня освещения.

*Требования к помещениям для работы с компьютером:*

Сегодня не редко можно встретить рабочие помещения площадью всего 10-12 кв. м, на которых трудится по пять-шесть человек одновременно. Однако такие условия работы считаются грубым нарушением установленных СанПиН правил, согласно которым необходимое рабочее пространство для сотрудника, работающего с компьютером более 50% трудового времени, зависит от вида используемого им монитора:

- на базе электrolучевой трубки – рабочая площадь для одного трудящегося должна быть не менее 6 кв. м;
- плазменный или ЖК монитор – позволяет снизить этот показатель до 4,5 кв.м.

Согласно действующим рекомендациям, окна в таких помещениях лучше располагать на северной и северо-восточной части. А в случае, если производственная площадь не имеет естественного освещения, то

искусственное освещение должно быть в необходимом объеме. Согласно требованиям законодательных норм, для этого необходимо провести специальные расчеты, что на практике производится крайне редко.

Размещение рабочих столов служащих осуществляется таким образом, чтобы расстояние между ними не было меньше 2 м, а между боковыми частями мониторов – от 1,2 м.

*Рекомендации, касающиеся конструкции мебели:*

При выборе компьютерных столов для оборудования рабочего помещения необходимо учитывать ряд аспектов:

- конструкция мебели должна соответствовать специфике работы и числу необходимого дополнительного оборудования для её выполнения;
- ширина стола должна составлять не менее 800 мм и не более 1400 мм;
- глубина – от 800 до 1000 мм;
- высота – 725 мм.

Монитор на столе нужно располагать на расстоянии 60 – 70 см от глаз пользователя, но не ближе 50 см с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100 – 300 мм от края, обращенного к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделенной от основной столешницы.

Обычный офисный стул при оборудовании рабочих мест для пользователей ПК использовать не рекомендуется, так как он не имеет необходимых эргономических свойств. Правильная мебель обеспечивает необходимую поддержку для спины и позволяет снизить нагрузку с этой области, а также шейно-плечевой области. Лучше, если кресло будет иметь подъемный механизм, позволяющий отрегулировать его высоту.

Согласно п.9.3 и п.10.5 СанПиН для пользователей компьютеров, работающих с ними более половины трудового времени, необходимо

предусмотреть и специальную подставку для ног, высотой до 15 см, а шириной от 30 см.

#### *Перерывы в работе:*

Для предупреждения преждевременной утомляемости пользователей компьютеров рекомендуется организовывать рабочую смену путем чередования работы с использованием компьютера и без него (п. 1.3 приложения 7 к СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03). Если же работа требует постоянного взаимодействия с монитором (набор текстов или ввод данных и т. п.) с напряжением внимания и сосредоточенности при исключении возможности периодического переключения на другие виды трудовой деятельности, не связанные с ПЭВМ, рекомендуется организовывать перерывы на 10 – 15 минут через каждые 45 – 60 минут работы.

В зависимости от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену при работе за компьютером продолжительность перерывов может варьироваться от 50 до 90 минут (при 8-часовой смене) и от 80 до 140 минут (при 12-часовой смене).

Санитарные правила рекомендуют устраивать для сотрудников «физкультурные» минутки с целью снижения их психофизического напряжения и недопущения гиподинамии и гипокинезии.

*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 (слуховой, зрительный и т.д.), монотонность нагрузок, режим работы.

Труд по степени напряженности трудового процесса подразделяются на следующие классы: оптимальный, допустимый и напряженный труд трех степеней.

#### Микроклимат:

Наличие не слишком благоприятных условий для работы подтверждает статистика: 30 % страдают повышенной раздражительностью сетчатки глаза, 25 % страдают головными болями, а оставшиеся 20 % страдают заболеванием дыхательных путей.

Микроклимат также влияет на данную статистику (метеорологические условия в помещениях).

ГОСТ 30494-2011 «Параметры микроклимата в помещениях жилых и общественных зданий» контролирует следующие параметры микроклимата:

температура воздуха, относительная влажность воздуха, результирующая температура помещения [16]. Для нашего объекта, относящегося к помещению 2 категории (помещение, в котором заняты умственным трудом), необходимы параметры приведенные в таблице 9 [17].

*Таблица 9 – Оптимальные и допустимые нормы микроклимата в обслуживаемой зоне помещений*

Период года	Температура воздуха, °С		Результирующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	опт.	доп.	опт.	доп.	опт.	доп.	опт.	доп.
холодный	19–21	18–23	18–20	17–22	45–30	60	0,2	0,3
теплый	23–25	18–28	22–24	19–27	60–30	65	0,3	0,5

В данном кабинете применяется водяная система центрального отопления. Она должна обеспечивать постоянное и стабильное нагревание воздуха в холодный период года. В теплый период температура воздуха составляет до плюс 25 °С. Относительная влажность до 55 %. Скорость движения воздуха 0,1–0,2 м/с. В холодный период года температура составляет до 23 °С. Относительная влажность до 45 %. Скорость движения воздуха 0,1– 0,2 м/с [18].

Условия, которые окружают человека, играют значимую роль в производительности труда и в качестве.

#### Повышенный уровень шума:

Рассматриваемое рабочее помещение имеет низкий общий уровень шума. Источником шумовых помех в данном случае могут стать сами работники, различные устройства, такие как:

- вентиляторы на процессорах и видеокартах;
- жесткие диски;
- вентиляторы блоков питания;
- офисная техника (принтеры, ксероксы и т.д.);
- персонал, работающий с ЭВМ;
- источники шума вне помещения.

Повышенный уровень шума ведет к быстрой утомляемости персонала, к снижению внимания, а также уменьшает на 5-12% производительность труда, при длительном воздействии шума с уровнем звукового давления 90 дБ снижает производительность труда на 30-40%.

Уровень шума не должен превышать норм для залов вычислительного центра установленных СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Для вычислительных центров этот уровень не более 50 дБА.

### *6.2.2 Анализ опасных факторов*

#### Электробезопасность:

ПЭВМ и периферийные устройства являются потенциальными источниками опасности поражения человека электрическим током. При работе с компьютером возможен удар током при соприкосновении с токоведущими частями оборудования.

Рабочие места с ПЭВМ, должны быть оборудованы защитным занулением [19]. Подача электрического тока в помещение должна осуществляться от отдельного независимого источника питания, необходима

изоляция токопроводящих частей и ее непрерывный контроль; должны быть предусмотрены защитное отключение, предупредительная сигнализация и блокировка.

Помещение, в котором расположено рабочее место, относится к категории без повышенной опасности, и соответствует установленным условиям согласно с [20]:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха 50 %;
- средняя температура около 24 °С;
- наличие непроводящего полового покрытия.

#### Пожарная безопасность:

Пожар – это неконтролируемое горение вне специального очага [21]. Под пожарной безопасностью понимается состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных факторов пожара и обеспечивается защита материальных ценностей [22].

Возникновение пожара в рассматриваемом помещении обуславливается следующими факторами: нарушенная изоляция электрических проводов; несоблюдение правил пожарной безопасности; наличие горючих компонентов: документы, двери, столы, изоляция кабелей и т.п.

Источниками зажигания в помещении могут быть электронные схемы от ЭВМ, приборы, применяемые для технического обслуживания, устройства электропитания, где в результате различных нарушений образуются перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать загорания горючих материалов.

Пожарная профилактика основывается на устранении благоприятных условий возгорания. В рамках обеспечения пожарной безопасности решаются четыре задачи: предотвращение пожаров и возгорания,

локализация возникших пожаров, защита людей и материальных ценностей, тушение пожара.

Мероприятия по пожарной профилактике разделяются на:

- организационные;
- технические;
- эксплуатационные;
- режимные.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара путем организационных мероприятий и технических средств, обеспечивающих невозможность возникновения пожара, а также системой пожарной защиты, направленной на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничения материального ущерба от него. Опасными факторами пожара для людей являются открытый огонь и искры, повышение температуры воздуха и предметов, токсичные продукты горения, дым, пониженное содержание кислорода в воздухе, обрушение и повреждение зданий, сооружений, установок, а также взрывы.

Для большинства помещений, оборудованных вычислительной техникой, установлена категория пожарной опасности В – (горючие и негорючие жидкости, твердые горючие и негорючие вещества и материалы (в том числе пыли и волокна), вещества и материалы, способные при взаимодействии с водой, кислородом воздуха или друг с другом только гореть при условии, что помещения, в которых они имеются в наличии или образуются, не относятся к категориям А или Б). Учитывая высокую стоимость электронного оборудования, а также категорию пожарной опасности помещений, в которых оно размещается, здания для помещения, оборудованных вычислительной техникой, должны быть I степени огнестойкости.

В помещении необходимо соблюдать следующие правила безопасности:

- проходы, выходы из помещения, доступы к средствам пожаротушения должны быть все время свободны;
- оборудование, находящееся в эксплуатации, должно быть исправно и проверяться каждый раз перед началом работы;
- по окончании работ осмотреть помещение, обесточить электросеть, закрыть помещение.

Предотвращение распространения пожара достигается:

- 1) предотвращением распространения горения в технологическом оборудовании и коммуникациях;
- 2) ограничением применения сгораемых веществ и материалов в технологических процессах;
- 3) применением не распространяющих горения строительных материалов и конструкций;
- 4) разделением различных по пожарной опасности процессов; ограничением размеров зданий и пожарных отсеков;
- 5) повышением пределов огнестойкости и снижением горючести ограждающих и несущих строительных конструкций;
- 6) использованием противопожарных преград;
- 7) использованием первичных, автоматических и привозных средств пожаротушения, а также систем обнаружения и сигнализации о пожаре;
- 8) использованием противопожарного водопровода;
- 9) обеспечением доступа пожарных к возможным очагам пожара.

В зависимости от категории опасности рабочие помещения оборудуются автоматической пожарной сигнализацией, автоматическими средствами пожаротушения и оснащаются первичными средствами пожаротушения [23,24].

Наиболее надежны и эффективны углекислотные и порошковые огнетушители, их можно применять на оборудовании, не отключая от электросети.

Пожарный инвентарь и средства пожаротушения следует размещать на видных, хорошо доступных местах и иметь свободный доступ.

Пожарные краны устанавливают в коридорах, на площадках лестничных клеток, у входов. Ручные углекислотные огнетушители устанавливают в помещениях, оборудованных вычислительной техникой, из расчета один огнетушитель на 40-50 кв. м площади, но не менее двух в помещении.

Согласно нормам пожарной безопасности НПБ 104-03 в организациях должна быть разработана система оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах в зданиях и сооружениях.

Число эвакуационных выходов из зданий с каждого этажа и из помещений должно быть не менее двух. Ширину эвакуационного выхода (двери) устанавливают не менее 0.8 м. Устройство винтовых лестниц, раздвижных и подъемных дверей, вращающихся дверей и турникетов на путях эвакуации недопустимо.

Также не допускается размещать на лестничных клетках какие-либо помещения, прокладывать технологические коммуникации, устраивать выходы подъемников и грузовых лифтов. На эвакуационных путях устраивают как естественное, так и искусственное аварийное освещение.

### **6.3 Охрана окружающей среды**

Никаких вредных выбросов и загрязненного воздуха в рабочем помещении не образуется. Поэтому защита окружающей среды сводится к соблюдению элементарных правил:

- 1) поддержание санитарно-гигиенического состояния рабочего места, то есть уборка мусора в специально отведенные для этого урны. Категорически запрещается выбрасывать мусор в окна, загрязняя тем самым территорию, прилежащую к 9 корпусу ТПУ;

- 2) регулярно должна проводиться влажная уборка помещения.  
Необходимо соблюдать чистоту и порядок в помещении.

#### **6.4 Защита в чрезвычайных ситуациях**

Пожары представляют собой особую опасность, так как сопряжены не только с большими материальными потерями, но и с причинением значительного вреда здоровью человека и даже смерти.

Рассмотрим мероприятия по пожарной профилактике.

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.

Рабочий коллектив проинструктирован с соблюдением мер пожарной безопасности под роспись в журнале техники безопасности, обучен применению имеющихся средств пожаротушения, вызову пожарной охраны при пожаре [25].

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. ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.

## **6.5 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 (до 1992 г. РСФСР) и входящих в нее республик, а также подзаконные акты.

Правовой основой обеспечения государственной безопасности является целый ряд федеральных законов о безопасности. Обеспечение экологической безопасности на территории Российской Федерации, формирование и укрепление экологического правопорядка основаны на действии с марта 1992 г. Федерального закона «Об охране окружающей природной среды» в комплексе с мерами организационного, правового, экономического и воспитательного воздействия. Настоящий закон определяет общие для Российской Федерации организационно-правовые нормы в области защиты граждан Российской Федерации, иностранных граждан и лиц без гражданства, находящихся на территории Российской Федерации, всего земельного, водного, воздушного пространства в пределах Российской Федерации или его части, объектов производственного и социального назначения, а также окружающей природной среды от чрезвычайной ситуации природного и техногенного характера.

Правовые нормы безопасности при осуществлении работы прописаны в следующих документах:

- СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»;

- ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ Пожарная безопасность. Общие требования;
- ГОСТ 12.1.033-81 Пожарная безопасность. Термины и определения;
- ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов;
- ГОСТ 30403-2012 Конструкции строительные. Метод испытаний на пожарную опасность;
- ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях;
- СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»;
- СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному, совмещенному освещению жилых и общественных зданий»;
- ГОСТ 12.0.003-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация;
- СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

## **7 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

### **7.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Ущерб, приносимый обществу от пожаров очень высок. В современном мире вопрос пожарной безопасности актуален и требует решающих мер, необходимых для предотвращения пожароопасных ситуаций и их развития.

Подготовка личного состава подразделений совместно с гражданским населением по ведению действий при тушении пожаров, ведет к снижению пожарного риска, а значит и гибели людей.

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

#### *7.1.1 SWOT-анализ*

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – 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 10 – Матрица SWOT

<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b>	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b>
<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>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>

<b>Возможности:</b>	<b>Угрозы:</b>
<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>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 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>

Второй этап состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие помогают выявить степень необходимости проведения стратегических изменений. Интерактивная матрица проекта представлена в таблице № 11.

*Таблица 11 – Интерактивная матрица проекта соотношения сильных сторон к возможностям проекта*

Сильные стороны проекта							
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5	C6
	B1	+	+	+	0	+	+
	B2	0	+	+	+	+	+
	B3	-	+	0	0	+	+
	B4	+	+	0	-	0	+
	B5	+	0	+	+	0	+
	B6	+	0	+	+	0	+

Таблица 12 - Интерактивная матрица проекта соотношения слабых сторон к возможностям проекта

Слабые стороны проекта							
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5	Сл6
	B1	-	-	0	-	-	-
	B2	0	0	-	0	+	+
	B3	0	-	0	-	-	-
	B4	0	0	0	-	+	-
	B5	-	0	-	+	+	-
	B6	-	-	0	+	+	-

Таблица № 13 - 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 № 14 - 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	+

Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

### 7.1.2 Диаграмма Исикава

Диаграмма причины-следствия Исикавы (Cause-and-Effect-Diagram) – это графический метод анализа и формирования причинно-следственных связей, инструментальное средство для систематического определения причин проблемы и последующего графического представления.

Область применения диаграммы:

- 1) выявление причин возникновения проблемы;
- 2) анализ и структурирование процессов на предприятии;
- 3) оценка причинно-следственных связей.

При возникновении пожара всегда существует повышенный риск травмирования и гибели людей. Последствия пожара могут быть самыми печальными – это и разрушенные здания, уничтоженное имущество, потеря материальных ценностей, а также и человеческие жертвы. Для предотвращения возникновения пожаров необходимо четкое следование ППБ, профилактические мероприятия, связанные с пожарной безопасностью, а также непосредственный контроль за соблюдением всего

вышеперечисленного. Проблемы, связанные с противопожарным режимом, ППБ заслуживают большого внимания, нуждаются в непрерывном контроле и разработке более усовершенствованных стандартов.

Существуют различные факторы, влияющие на соблюдение ППБ в здании лица при ТПУ (рисунок 2):

- 1) рабочий персонал;
- 2) оборудование;
- 3) средства и материалы по пожарной безопасности;
- 4) методы и средства контроля за соблюдением правил противопожарного режима;
- 5) технология организации работ.



Рисунок 2 – Диаграмма Исикавы для систематического определения причин соблюдения Правил пожарной безопасности

## 7.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 7.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Группа процессов планирования состоит из процессов, осуществляемых для определения общего содержания работ, уточнения целей и разработки последовательности действий, требуемых для достижения данных целей.

ИСР – детализация укрупненной структуры работ. В процессе создания ИСР структурируется и определяется содержание всего проекта. Иерархическая структура работы представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Иерархическая структура работы по проекту

### 7.2.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный график проекта. Линейный график представлен в виде таблицы № 15.

Таблица 15 – Календарный план проекта

Код работы	Название	Длительность, дни	Состав участников
1	Составление и утверждение технического задания	2	Вторушина А.Н.
2	Выдача задания по тематике проекта	2	Вторушина А.Н.

3	Определение целей и задач проекта	2	Девятова К.П.
4	Определение структуры, этапов и сроков разработки проекта	3	Девятова К.П.
5	Подборка литературы по тематике работы	5	Девятова К.П.
6	Сбор материалов	11	Девятова К.П.
7	Проведение теоретических обоснований	11	Девятова К.П.
8	Проведение расчетов	5	Девятова К.П.
9	Анализ полученных результатов	3	Девятова К.П.
10	Согласование полученных данных с научным руководителем	1	Вторушина А.Н.
11	Доработка проекта	5	Девятова К.П.
12	Работа над выводами	1	Девятова К.П.
13	Составление пояснительной записки к работе	2	Девятова К.П.
Итого:		53	

Необходимо определить ключевые события проекта, определить их результаты, которые должны быть получены. Данная информация отражена в таблице № 16.

Таблица 16 – Контрольные события проекта

№ п/п	Контрольное событие	Результат (подтверждающий документ)
1	Задание	Утвержденная тема проекта
2	Литературный обзор	Теоретическая часть проекта
3	Экспериментальная часть	Практическая часть проекта
4	Дополнительные разделы	Расчеты по каждому разделу

Диаграмма Ганта – это тип столбчатых диаграмм (гистограмм), который используется для иллюстрации календарного плана проекта, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

График строится в виде таблицы № 17 с разбивкой по месяцам и декадам (10ней) за период времени выполнения научного проекта.

Таблица № 17 – Календарный план-график проведения работы

	Вид работ	Исполнители	Т <sub>кп</sub> , кол. дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февраль			март		апрель		май					
				1	2	3	1	2	2	3	1	2	3			
1	Составление и утверждение технического задания	Науч. рук.	2		▨											
2	Выдача задания по тематике проекта	Науч. рук.	2		▨											
3	Определение целей и задач проекта	Бакалавр	2			■										
4	Определение структуры, этапов и сроков разработки проекта	Бакалавр	3			■										
5	Подборка литературы по тематике работы	Бакалавр	5			■										
6	Сбор материалов	Бакалавр	11				■									
7	Проведение теоретических обоснований	Бакалавр	11				■									
8	Проведение расчетов	Бакалавр	5							■						
9	Анализ полученных результатов	Бакалавр	3							■						
10	Согласование полученных данных с научным руководителем	Науч. рук.	1								▨					
11	Доработка проекта	Бакалавр	5									■				
12	Работа над выводами	Бакалавр	1									■				
13	Составление пояснительной записки к работе	Бакалавр	2										■			

▨ – Научный руководитель      ■ – бакалавр

### 7.3 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;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

#### 7.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Для выполнения данного научного исследования необходимы материалы, которые указаны в таблице 18.

Таблица 18 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (З <sub>м</sub> ), руб.
Заправка картриджа для принтера	шт.	1	291	291
Бумага для печати формат А4	шт.	1	150	150
Канцтовары	шт.	2	180	360
Итого				801

### 7.3.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Согласно исследованию, приведенному в данной работе, затраты по статье «специальное оборудование для научных работ» не предусматриваются.

### 7.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

Зарботная плата научного руководителя и студента включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

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

где

$Z_{осн}$  – основная заработная плата;

$Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (15 % от  $Z_{осн}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) научного руководителя и студента рассчитана по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} + T_p, \quad (7)$$

где

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

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

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (8)$$

где

$Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб.дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб.дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб.дн.

Таблица 19 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Бакалавр
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	52	104
- праздничные дни	19	18
Потери рабочего времени		
- отпуск	48	24
- невыходы по болезни	–	–
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	219

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{tc} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (9)$$

где

$Z_{tc}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_p$  – районный коэффициент.

Месячный должностной оклад научного руководителя, руб.:

$$27500 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 53625 \text{ руб.}$$

Месячный должностной оклад бакалавра, руб.:

$$3600 \cdot (1 + 1 + 1) \cdot 1,3 = 14040 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата научного руководителя, руб.:

$$\frac{53625 \cdot 10,4}{246} = 2267,7 \text{ руб.}$$

Среднедневная заработная плата бакалавра, руб.:

$$\frac{14040 \cdot 11,2}{219} = 718,03 \text{ руб.}$$

Рассчитаем рабочее время:

Руководитель:  $T_p=5$ раб.дней

Студент:  $T_p=36$ раб.дней

Основная заработная плата научного руководителя составила:

$$2267,07 \cdot 5 = 11335,35 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата бакалавра составила:

$$718,03 \cdot 36 = 25849,08 \text{ руб.}$$

Таблица 20 – Расчет основной заработной платы научного руководителя и студента

Исполнители	$Z_{тс}$ , руб.	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}$ , руб.	$Z_{дн}$ , руб.	$T_p$ , раб. дн.	$Z_{осн}$ , руб.
Научный руководитель	27500	0,3	0,2	1,3	55362	2267,07	5	11335,35
Бакалавр	3600	1	1	1,3	14040	718,03	36	25849,08
Итого $Z_{осн}$								37184,43

#### 7.3.4 Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

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

где

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной зарплаты, 0,15;

$Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата, руб.

Таблица 21 – Дополнительная заработная плата исполнителей НИИ

Заработная плата	Научный руководитель	Бакалавр
Основная зарплата	11335,35	25849,08
Дополнительная зарплата	1360,2	–
Итого, руб.	38544,63	

### 7.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где

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

На 2019 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2019 году водится пониженная ставка – 28%.

$$0,28 \cdot (37184,43 + 1360,24) = 10792,4 \text{ руб.}$$

### 7.3.6 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. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей 1-7}), \quad (12)$$

где

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

Величину коэффициента накладных расходов примем в размере 16%.

Накладные расходы научного руководителя:

$$16136,59 \cdot 0,16 = 2581,85 \text{ руб.}$$

Накладные расходы бакалавра:

$$69174,18 \cdot 0,16 = 11067,87 \text{ руб.}$$

### 7.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанные выше величины затрат научно-исследовательской работы представляет собой основу формирования бюджета затрат проекта. В таблице отражены сводные показатели, которые формируют бюджет затрат ВКР.

Таблица 22 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб	
	Научный руководитель	Бакалавр
1. Материальные затраты НТИ	–	33320,10

2. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	11335,35	25849,08
3. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	1360,2	–
4. Отчисления во внебюджетные фонды	3441	7005
5. Затраты на научные и производственные командировки	–	3000
6. Накладные расходы	2581,85	11067,87
7. Бюджет затрат НТИ	18718,44	80242,05

Для выполнения данной исследовательской работы необходимо построить диаграмму Ганта, которая наглядно отражает продолжительность исследования. Общая продолжительность исследования составила 53 дня. Проведенный расчет стоимости НТИ показал, что общая стоимость составляет 98961 рубль.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Большое значение при осуществлении мер пожарной безопасности имеет оценка пожарной опасности учреждения.

Таким образом, пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей.

Расчетные величины пожарного риска являются количественной мерой возможности реализации пожарной опасности объекта и ее последствий для людей.

Расчеты по оценке пожарного риска проводятся путем сопоставления расчетных величин пожарного риска с соответствующими нормативными значениями пожарных рисков, установленными ФЗ № 123-ФЗ.

В качестве объекта пожарной безопасности было исследовано МБОУ лицей при ТПУ г. Томска.

Объект защиты относится к классу функциональной назначения Ф 4.1.

Выводы:

- 1) анализ литературных источников показал, что проблема обеспечения пожарной безопасности в образовательных учреждениях до сих пор остается актуальной, а анализ рисков становится одним из необходимых инструментов при эксплуатации объектов;
- 2) в соответствии с постановлением правительства РФ № 390 от 25 апреля 2012 г. на объекте имеется система пожарной безопасности. Здание лицея имеет 2 степень огнестойкости, СОУЭ 1–2 типа;
- 3) расчетное время эвакуации составило 2,913 мин. Минимальное время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара для сценария 1 – 14,74 сек; для сценария 2 – 1,6 сек; для сценария 3 – 28,3сек;

- 4) индивидуальный пожарный риск составил  $1,56 \cdot 10^{-4}$  год<sup>-1</sup>, что превышает нормативные значения в соответствии с Федеральным законом № 123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

С использованием методики расчета времени эвакуации при ЧС, на примере трех сценариев, выявлено, что имеющиеся пути и расположение рабочих мест в лицее при ТПУ достаточно для безопасного выведения школьников и сотрудников из помещений без потерь.

Во время проведения комплексных пожарно-тактических учений, объединяются задачи, решаемые при проведении тренировочных, проверочных и показательных учений. Кроме того, они проводятся с целью комплексной оценки уровня противопожарной устойчивости объектов.

При анализе пожарной безопасности объекта выявлено: установлены СОУЭ людей при пожаре в здании, АПС, отсутствуют установки пожаротушения, выходы оборудованы световыми табло, установки дымоудаления отсутствуют. Места расположения указаны на поэтажных планах. Имеются первичные средства пожаротушения – огнетушители, в рабочем состоянии, исправны.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Соломин, В.П. Пожарная безопасность: Учеб. для вузов / Л.А. Михайлов, В.П. Соломин, О.Н. Русак; Под ред. Л.А. Михайлов. – М.: ИЦ Академия, 2013 – 224 с.
2. Зекиев Э. В., Кабиров Т. Р. Теоретические аспекты пожарной безопасности в образовательных учреждениях [Текст] // Инновационные педагогические технологии: материалы IV Междунар. науч. конф. (г. Казань, май 2016 г.). — Казань: Бук, 2016. — С. 53-55.
3. Чернецов И.Н. Пожарная безопасность в образовательных учреждениях / И.Н. Чернецов – СПб.: Питер, 2014. – 294 с.
4. Официальный сайт МЧС России [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.mchs.gov.ru/>, свободный. – Загл. с экрана.
5. СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2009. – 35 с.
6. ГОСТ Р 53325–2012 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 22.11.2012 N 1028-ст) (ред. от 06.11.2014) – М.: ИПК Издательство стандартов, 2012. – 42 с.
7. Адресно-аналоговые системы пожарной сигнализации и их преимущества перед традиционными и адресными дискретными системами // Чрезвычайные ситуации: Образование и наука Гомельский инженерный институт, МЧС Республики Беларусь (Гомель) – 2012,– №5 – С. 142–148
8. О пожарной безопасности: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ (последняя редакция) // М: Государственная Дума. – 1994 – № 4.

9. Федеральный закон "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" от 22.07.2008 N 123-ФЗ (последняя редакция) // Консультант-Плюс : справ.-правовая система.
10. Приказ МЧС России от 30.06.2009 N 382 (ред. от 02.12.2015) "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности" (Зарегистрировано в Минюсте России 06.08.2009 N 14486) // Консультант-Плюс : справ.-правовая система.
11. ППБ 101-89 «Правила пожарной безопасности для общеобразовательных школ, профессионально-технических училищ, и других учебно-воспитательных учреждений» – 2010. – 214 с.
12. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 36 с.
13. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 «Гигиенические требования к естественному, искусственному, совмещенному освещению жилых и общественных зданий» – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 28 с.
14. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. — М.: Изд-во стандартов, 2016. – 16 с
15. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Госкомсанэпиднадзор, 2003. – 56 с.
16. ГОСТ 30494-2011 Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
17. СанПин 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 1997. – 36 с.

18. Раздорожный А.А. Охрана труда и производственная безопасность: Учеб.-метод. пособие / А.А. Раздорожный. - Москва: Экзамен, 2007. – 512 с.
19. ГОСТ 12.1.038-82. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1982. – 48 с.
20. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов. / С.В. Белов. – М.: Юрайт, 2013.– 671с.
21. ГОСТ12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1982. – 48 с.
22. Пожарная безопасность. Энциклопедия. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2007. – 416 с.
23. НПБ 110-03 Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией.
24. СанПиН 2.2.212.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
25. Требование пожарной безопасности строительных норм и правил: Сборник нормативных документов. – Вып. 13. Ч. 5. Документы Государственной противопожарной службы МЧС России. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2004. – 115 с.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Приказ МЧС России от 30.06.2009 N 382 (ред. от 02.12.2015) "Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности" (Зарегистрировано в Минюсте России 06.08.2009 N 14486)

Пункт 1 Приказа МЧС 382 устанавливает следующую классификацию зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков по функциональной пожарной опасности:

Настоящая методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности (далее – Методика) устанавливает порядок определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках (далее – здание) и распространяется на здания классов функциональной пожарной опасности:

1.1. Ф1 – здания, предназначенные для постоянного проживания и временного пребывания людей:

1.2. Ф2 – здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений:

1.3. Ф3 – здания организаций по обслуживанию населения:

1.4. Ф4 – здания образовательных организаций, научных и проектных организаций, органов управления учреждений, в том числе:

а) Ф4.1 – здания общеобразовательных организаций, организаций дополнительного образования детей, профессиональных образовательных организаций;

б) Ф4.2 – здания образовательных организаций высшего образования, организаций дополнительного профессионального образования;

в) Ф4.3 – здания органов управления учреждений, проектно-конструкторских организаций, информационных и редакционно-издательских организаций, научных организаций, банков, контор, офисов;

г) Ф4.4 – здания пожарных депо;

1.5. Ф5 – 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 – стоянки для автомобилей без технического обслуживания и ремонта.

В статье 3 Приказа МЧС России от 30.06.2009 № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» отмечено, что «...определение расчетных величин пожарного риска осуществляется на основании:

а) анализа пожарной опасности зданий;

б) определения частоты реализации пожароопасных ситуаций;

в) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;

г) оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;

д) наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий.

Определение расчетных величин пожарного риска осуществляется на основании:

1) анализа пожарной опасности объекта защиты;

2) определения частоты реализации пожароопасных ситуаций;

3) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;

4) оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;

- 5) наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и строений.

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 (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной  $l_i$  и шириной  $\delta_i$ .

При определении расчетного времени эвакуации людей длину и ширину каждого участка пути эвакуации для проектируемых зданий принимают по проекту, а для построенных – по фактическому положению. Длину пути по лестничным маршам, а также по пандусам измеряют по длине марша. Длину пути в дверном проеме принимают равной нулю. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7 м, а также тамбур следует считать самостоятельными участками горизонтального пути, имеющими конечную длину  $l_i$ .

Расчетная схема эвакуации представляет собой нанесенную на план здания схему, которая отображает:

- количество людей на начальных участках;
- маршруты их движения;
- геометрические параметры и виды участков пути.

Расчетное время эвакуации людей  $t_p$  следует определять как сумму времени движения людского потока по отдельным участкам пути  $t_i$  по формуле:

$$t_p = t_{н.э.} + t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_i, \quad (A.1)$$

где

$t_{н.э.}$  – время начала эвакуации, мин;

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

$t_1, t_2, t_3, \dots, t_i$  – время движения людского потока на каждом из следующих после первого участка пути, мин.

1. Значение времени начала эвакуации  $t_{н.э.}$  (с) для помещения очага пожара следует определять по формуле:

$$t_{н.э.} = 5 + 0,01 \cdot F, \quad (A.2)$$

где

$F$  – площадь помещения,  $m^2$ .

В случае если время начала эвакуации, рассчитанное по указанной формуле, превышает время начала эвакуации для образовательных учреждений СОУЭ 1–2 типа, то берется значение 3 мин.

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

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1}, \quad (A.3)$$

где

$l_1$  – длина первого участка пути, м;

$v_1$  – скорость движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, м/мин (определяется в зависимости от плотности  $D$ ).

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

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1}, \quad (A.4)$$

где

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

$f$  – средняя площадь горизонтальной проекции человека,  $m^2$ /чел;

$\delta_1$  – ширина первого участка пути, м.

Скорость  $v_1$  движения людского потока на участках пути, следующих после первого, принимают в зависимости от интенсивности движения

людского потока по каждому из этих участков пути, которую вычисляют для всех участков пути, в том числе и для дверных проемов, по формуле:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i}, \quad (\text{A.5})$$

где

$\delta_i, \delta_{i-1}$  – ширина рассматриваемого  $i$ -го и предшествующего ему участка пути, м;

$q_i, q_{i-1}$  – интенсивности движения людского потока по рассматриваемому  $i$ -му и предшествующему участкам пути, м/мин.

Если значение  $q_i$ , меньше или равно  $q_{\max}$ , то время движения по участку пути  $t_i$ , мин, равно:

$$t_1 = \frac{l_1}{v_1}$$

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.

Если значение  $q_i$ , больше  $q_{\max}$  то ширину  $\delta_i$  данного участка пути следует увеличивать на такое значение, при котором соблюдается условие:

$$q_i \leq q_{\max}, \quad (\text{A.6})$$

При невозможности выполнения условия (A.6) интенсивность и скорость движения людского потока по участку  $i$  определяют по таблице при значении  $D = 0,9$  и более. При этом следует учитывать время задержки движения людей из-за образовавшегося их скопления.

Расчет времени эвакуации человек с 3 этажа до выхода.

$t_1$  – время эвакуации по коридору до лестничной клетки (первый участок), мин.;

$t_2$  – время эвакуации через дверной проем в лестничную клетку (второй участок), мин.;

$t_3$  – время эвакуации по лестничной клетке до 2-го этажа (третий участок), мин.;

$t_4$  – время эвакуации по лестничной клетке до 1-го этажа (четвертый участок), мин.;

$t_5$  – время эвакуации из лестничной клетки через дверной проем (пятый участок), мин.;

$t_6$  – время эвакуации по коридору до дверного проема (шестой участок), мин.;

$t_7$  – время эвакуации через дверной проем в фойе (седьмой участок), мин.;

$t_8$  – время эвакуации по фойе (восьмой участок), мин.;

$t_9$  – время эвакуации от вестибюля до двери (девятый участок), мин.;

$t_{10}$  – время эвакуации через дверной проем в тамбур (десятый участок), мин.;

$t_{11}$  – время эвакуации через тамбур (одиннадцатый участок), мин.;

$t_{12}$  – время эвакуации из тамбура через дверной проем – наружу (двенадцатый участок), мин.

### **Расчет времени блокирования путей эвакуации при пожаре:**

Производится экспертный выбор сценариев пожара, где ожидаются наихудшие условия для находящихся в здании людей. При выборе места нахождения очага пожара учитывается количество горючей нагрузки, ее свойства и расположение, вероятность возникновения и динамика развития пожара, расположение эвакуационных путей и выходов.

Формулировка сценария развития пожара включает в себя:

- 1) выбор места нахождения первоначального очага пожара и закономерностей его развития;
- 2) задание расчетной области;
- 3) задание параметров окружающей среды и начальных значений параметров внутри помещений.

Выбор места нахождения очага пожара производился экспертным путем. Было учтено количество горючей нагрузки, ее свойства и расположение, вероятность возникновения пожара, возможная динамика его развития, расположение эвакуационных путей и выходов.

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:

- 1) по повышенной температуре – 70 °С;
- 2) по тепловому потоку – 1400 Вт/м<sup>2</sup>;
- 3) по потере видимости – 20 м;
- 4) по пониженному содержанию кислорода – 0,226 кг/м<sup>3</sup>;
- 5) по каждому из токсичных газообразных продуктов горения (СО<sub>2</sub> – 0,11 кг/м<sup>3</sup>; СО – 1,16·10<sup>-3</sup> кг/м<sup>3</sup>; НСL – 23·10<sup>-6</sup> кг/м<sup>3</sup>).

Для каждого помещения время блокирования  $t_{\text{бл}}$ :

$$t_{\text{бл}} = \min \left\{ t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}}, t_{\text{кр}}^{\text{T}}, t_{\text{кр}}^{\text{т.г.}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{т.п.}} \right\}, \quad (\text{A.7})$$

где:

$t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}}$  – время достижения значения опасного фактора – потери видимости;

$t_{\text{кр}}^{\text{T}}$  – время достижения значения опасного фактора – температура;

$t_{\text{кр}}^{\text{т.п.}}$  – время достижения значения опасного фактора – теплового потока;

$t_{\text{кр}}^{\text{т.г.}}$  – время достижения значения опасного фактора – токсичные продукты горения: (СО<sub>2</sub>, СО, НСL);

$t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}$  – время достижения значения опасного фактора –

потребление кислорода.

Для одиночного помещения высотой не более 6 м, удовлетворяющего условиям применения интегральной модели, при отсутствии систем противопожарной защиты, влияющих на развитие пожара, допускается определять критические времена по каждому из опасных факторов пожара с помощью аналитических соотношений:

по повышенной температуре:

$$t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70-t_0}{(273+t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (A.8)$$

по потере видимости:

$$t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (A.9)$$

по пониженному содержанию кислорода

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (A.10)$$

по каждому из газообразных токсичных продуктов горения:

$$t_{кр}^{т.г.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}, \quad (A.11)$$

где  $B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1-\varphi) \cdot \eta \cdot Q_H}$  – размерный комплекс, зависящий от теплоты

сгорания материала и свободного объема помещения, кг;

Коэффициент полноты горения  $\eta$  в режиме пожара, регулируемом горючей нагрузкой –

$$\eta = 0,63 + 0,2 \cdot X_{OX,a} + 1500 \cdot X_{OX,a}^6, \quad (A.12)$$

где

$X_{OX,a}$  – начальная концентрация кислорода в помещении очага пожара;

$t_0$  – 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;

$Q_n$  – низшая теплота сгорания материала,  $\text{МДж}/\text{кг}$ ;

$C_p$  – удельная изобарная теплоемкость газа,  $\text{МДж}/\text{кг}$ ;

$\varphi$  – коэффициент теплопотерь (принимается по данным справочной литературы, при отсутствии данных может быть принят равным 0,3);

$\eta$  – коэффициент полноты горения (определяется по формуле 6);

$V$  – свободный объем помещения,  $\text{м}^3$ ;

$\alpha$  – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации;

$E$  – начальная освещенность,  $\text{лк}$ ;

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

$D_m$  – дымообразующая способность горящего материала,  $\text{Н}_\text{п} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}$ ;

$L$  – удельный выход токсичных газов при сгорании 1  $\text{кг}$  материала,  $\text{кг}/\text{кг}$ ;

$X$  – предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении,  $\text{кг}/\text{м}^3$  ( $X_{\text{CO}_2} = 0,11 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $X_{\text{CO}} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $X_{\text{HCl}} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг}/\text{м}^3$ );

$L_{\text{O}_2}$  - удельный расход кислорода,  $\text{кг}/\text{кг}$ .

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

Параметр  $Z$  вычисляют по формуле:

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) \text{ при } H \leq 6 \text{ м}, \quad (\text{A.13})$$

где

$h$  – высота рабочей зоны,  $\text{м}$ ;

$H$  – высота помещения,  $\text{м}$ .

Определяется высота рабочей зоны:

$$h = h_{\text{пл}} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta, \quad (\text{A.14})$$

где  $h_{\text{пл}}$  – высота площадки, на которой находятся люди, над полом помещения, м;

$\delta$  – разность высот пола, равная нулю при горизонтальном его расположении, м.

Параметры  $A$  и  $n$  вычисляются так:

для случая горения жидкости с установившейся скоростью:

$$A = \Psi_{\text{уд}} \cdot F, n = 1, \quad (\text{A.15})$$

где  $\Psi_{\text{уд}}$  – удельная массовая скорость выгорания жидкости, кг/(м<sup>2</sup>·с);

для кругового распространения пожара:

$$A = 1,05 \cdot \Psi_{\text{уд}} \cdot v^2, n = 3, \quad (\text{A.16})$$

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 (например, распространение огня в горизонтальном направлении по занавесу после охвата его пламенем по всей высоте):

$$A = \Psi_{\text{уд}} \cdot v \cdot b, n = 2, \quad (\text{A.17})$$

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  $l_{\text{пр}} = 20$  м.

### **Расчет величин пожарного риска:**

Величина индивидуального пожарного риска  $Q_{\text{В}}$  в здании рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{В}} = Q_{\text{П}} \cdot (1 - K_{\text{ап}}) \cdot P_{\text{пр}} \cdot (1 - P_{\text{э}}) \cdot (1 - K_{\text{пз}}), \quad (\text{A.18})$$

где

$Q_{\text{П}}$  – частота возникновения пожара в здании в течение года;

$K_{ап}$  – коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения (далее – АУП);

$P_{пр}$  – вероятность присутствия людей в здании;

$P_{э}$  – вероятность эвакуации людей;

$K_{пз}$  – коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Вероятность эвакуации людей:

$$P_{э} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нэ}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэ} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \text{ мин} \end{cases} \quad (A.19)$$

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 (время блокирования путей эвакуации), мин;

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

Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты:

$$K_{пз} = 1 - (1 - K_{обн} \cdot K_{соуэ}) \cdot (1 - K_{обн} \cdot K_{пдз}), \quad (A.20)$$

где

$K_{обн}$  – коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации;

$K_{соуэ}$  – коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей;

$K_{\text{ПДЗ}}$  – коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты.

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

(обязательное)

Протокол определения расчетного времени эвакуации для трёх сценариев развития пожара.



Рисунок Б.1 – Путь эвакуации с 3 этажа

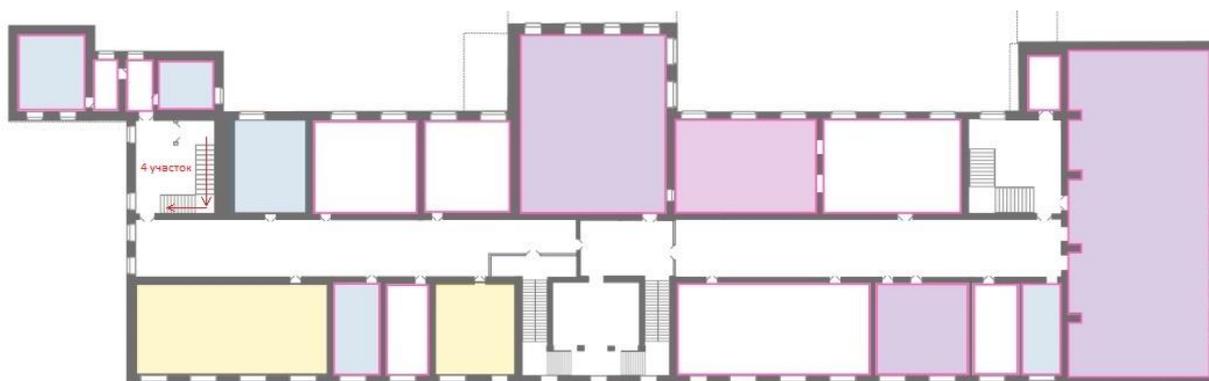


Рисунок Б.2 – Путь эвакуации со 2 этажа



**Рисунок Б.3 – Путь эвакуации с 1 этажа наружу**

## ПРИЛОЖЕНИЕ В

(обязательное)

Протокол определения времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара по сценарию 1

Таблица В.1 – Расчет времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара по сценарию 1

Здания I-II ст. огнест.; мебель+бытовые изделия	
Наименование параметра	Значение параметра
Низшая теплота сгорания материала ( $Q_n$ ), МДж/кг	13,8
Удельная массовая скорость выгорания жидкости ( $\Psi_{уд}$ ), кг/(м <sup>2</sup> ·с)	0,015
Дымообразующая способность горящего материала ( $Dm$ ), (Нп·м <sup>2</sup> )/кг	270
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{O_2}$ ), кг/кг	1,03
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{CO_2}$ ), кг/кг	0,203
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{CO}$ ), кг/кг	0,002
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{HCl}$ ), кг/кг	0,014
Линейная скорость распространения пламени ( $v$ ), м/с	0,011
$n$	2
$A$ , кг/с <sup>2</sup>	$1,65 \cdot 10^{-4}$
$B$ , кг	8,28

Продолжение таблицы В.1

по повышенной температуре,с $t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}}$	83,69
по потере видимости,с $t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	14,74
по пониженному содержанию кислорода,с $t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	75,7
по повышенному содержанию CO <sub>2</sub> , с $t_{кр}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	Фактор не опасен
по повышенному содержанию CO, с $t_{кр}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	Фактор не опасен
по повышенному содержанию HCl,с $t_{кр}^{HCl} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	26,5
$t_{бл} = \min \left\{ t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^T, t_{кр}^{т.г.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{т.п.} \right\}$	14,74
Библиотеки, архивы, книги, журналы на стеллажах	
Наименование параметра	Значение параметра
Низшая теплота сгорания материала (Q <sub>н</sub> ), МДж/кг	14,5
Удельная массовая скорость выгорания жидкости (Ψ <sub>уд</sub> ), кг/(м <sup>2</sup> ·с)	0,011

Продолжение таблицы В.1

Дымообразующая способность горящего материала ( $D_m$ ), $(Hn \cdot m^2)/кг$	49,5
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{O_2}$ ), кг/кг	1,154
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{CO_2}$ ), кг/кг	1,109
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{CO}$ ), кг/кг	0,097
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{HCl}$ ), кг/кг	0,000
Линейная скорость распространения пламени ( $v$ ), м/с	0,01
$n$	2
$A$ , кг/с <sup>2</sup>	$1,1 \cdot 10^{-4}$
$B$ , кг	7,88
по повышенной температуре,с $t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}}$	99,9
по потере видимости,с $t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	42,32
по пониженному содержанию кислорода,с $t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	89,5

Продолжение таблицы В.1

по повышенному содержанию CO <sub>2</sub> , с	
$t_{кр}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	391,5
по повышенному содержанию CO, с	
$t_{кр}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	89,76
по повышенному содержанию HCl, с	
$t_{кр}^{HCl} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	Фактор не опасен
$t_{бл} = \min \left\{ t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^T, t_{кр}^{т.г.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{т.п.} \right\}$	42,39

Таблица В.2 – Протокол определения времени от начала пожара до блокирования. Сценарий 1

Наименование параметров	Значение параметров
Удельная изобарная теплоемкость газа (C <sub>p</sub> ), МДж/(кг·К)	0.00104512
Коэффициент теплопотерь (φ)	0.7
Коэффициент полноты горения (η)	0.8
Начальная температура воздуха в помещении (t <sub>0</sub> ), °С	23
Коэффициент отражения предметов на путях эвакуации (α)	0.3
Начальная освещенность (E), Лк	50
Предельная дальность видимости в дыму (L <sub>пр</sub> ), м	20

Продолжение таблицы В.2

Высота площадки, на которой находятся люди, над полом помещения, м	0
Площадь помещения, м <sup>2</sup>	28,16
Высота помещения, м	3,3
Перпендикулярный к направлению движения пламени размер зоны горения, м	1
Площадь зеркала жидкости, м	–
Время установления стационарного режима выгорания жидкости, с	–
Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении ( $X_{CO_2}$ ), кг/м <sup>3</sup>	0.11
Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении ( $X_{CO}$ ), кг/м <sup>3</sup>	$1.16 \cdot 10^{-3}$
Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении ( $X_{HCl}$ ), кг/м <sup>3</sup>	$23 \cdot 10^{-6}$

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

(обязательное)

Протокол определения времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара по сценарию 2

Таблица Г.1 – Расчет времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара по сценарию 2

Здания I-II ст. огнест.; мебель + ткани	
Наименование параметра	Значение параметра
Низшая теплота сгорания материала ( $Q_n$ ), МДж/кг	14,7
Удельная массовая скорость выгорания жидкости ( $\Psi_{уд}$ ), кг/(м <sup>2</sup> ·с)	0,015
Дымообразующая способность горящего материала ( $Dm$ ), (Нн·м <sup>2</sup> )/кг	82
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{O_2}$ ), кг/кг	1,437
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{CO_2}$ ), кг/кг	1,285
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{CO}$ ), кг/кг	0,002
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{HCl}$ ), кг/кг	0,006
Линейная скорость распространения пламени ( $v$ ), м/с	0,011
n	2
A, кг/с <sup>2</sup>	$1,65 \cdot 10^{-4}$
B, кг	2,88

Продолжение таблицы Г.1

по повышенной температуре,с $t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}}$	49,36
по потере видимости,с $t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	16,32
по пониженному содержанию кислорода,с $t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	42,6
по повышенному содержанию CO <sub>2</sub> , с $t_{кр}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	160,43
по повышенному содержанию CO, с $t_{кр}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	Фактор не опасен
по повышенному содержанию HCl,с $t_{кр}^{HCl} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	24,77
$t_{бл} = \min \left\{ t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^T, t_{кр}^{т.г.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{т.п.} \right\}$	16,32
Верхняя одежда; ворс. ткани (шерсть+нейлон)	
Наименование параметра	Значение параметра
Низшая теплота сгорания материала (Q <sub>н</sub> ), МДж/кг	23,3
Удельная массовая скорость выгорания жидкости (Ψ <sub>уд</sub> ), кг/(м <sup>2</sup> ·с)	0,013

Продолжение таблицы Г.1

Дымообразующая способность горящего материала ( $D_m$ ), $(Hn \cdot m^2)/кг$	129
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{O_2}$ ), кг/кг	3,698
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{CO_2}$ ), кг/кг	0,467
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{CO}$ ), кг/кг	0,015
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{HCl}$ ), кг/кг	0,000
Линейная скорость распространения пламени ( $v$ ), м/с	0,084
$n$	2
$A$ , кг/с <sup>2</sup>	$1,092 \cdot 10^{-2}$
$B$ , кг	1,81
по повышенной температуре,с $t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}}$	4,82
по потере видимости,с $t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	1,6
по пониженному содержанию кислорода,с $t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	3,74

Продолжение таблицы Г.1

по повышенному содержанию CO <sub>2</sub> , с $t_{кр}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	Фактор не опасен
по повышенному содержанию CO, с $t_{кр}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	Фактор не опасен
по повышенному содержанию HCl, с $t_{кр}^{HCl} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	Фактор не опасен
$t_{бл} = \min \left\{ t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^T, t_{кр}^{т.г.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{т.п.} \right\}$	1,6

Таблица Г.2 – Протокол определения времени от начала пожара до блокирования опасных факторов пожара. Сценарий 2

Наименование параметров	Значение параметров
Удельная изобарная теплоемкость газа (C <sub>p</sub> ), МДж/(кг·К)	0.00104512
Коэффициент теплопотерь (φ)	0.7
Коэффициент полноты горения (η)	0.8
Начальная температура воздуха в помещении (t <sub>0</sub> ), °С	23
Коэффициент отражения предметов на путях эвакуации (α)	0.3
Начальная освещенность (E), Лк	50
Предельная дальность видимости в дыму (L <sub>пр</sub> ), м	20

Продолжение таблицы Г.2

Высота площадки, на которой находятся люди, над полом помещения, м	0
Площадь помещения, м <sup>2</sup>	10,4
Высота помещения, м	3,3
Перпендикулярный к направлению движения пламени размер зоны горения, м	1
Площадь зеркала жидкости, м	–
Время установления стационарного режима выгорания жидкости, с	–
Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении ( $X_{CO_2}$ ), кг/м <sup>3</sup>	0.11
Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении ( $X_{CO}$ ), кг/м <sup>3</sup>	$1.16 \cdot 10^{-3}$
Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении ( $X_{HCl}$ ), кг/м <sup>3</sup>	$23 \cdot 10^{-6}$

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

(обязательное)

Протокол определения времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара по сценарию 3

Таблица Д.1 – Расчет времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара по сценарию 3

Здания I-II ст. огнест.; мебель+бытовые изделия	
Наименование параметра	Значение параметра
Низшая теплота сгорания материала ( $Q_n$ ), МДж/кг	13,8
Удельная массовая скорость выгорания жидкости ( $\Psi_{уд}$ ), кг/(м <sup>2</sup> ·с)	0,015
Дымообразующая способность горящего материала ( $Dm$ ), (Нн·м <sup>2</sup> )/кг	270
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{O_2}$ ), кг/кг	1,03
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{CO_2}$ ), кг/кг	0,203
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{CO}$ ), кг/кг	0,002
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{HCl}$ ), кг/кг	0,014
Линейная скорость распространения пламени ( $v$ ), м/с	0,011
n	3
A, кг/с <sup>2</sup>	$1,9 \cdot 10^{-6}$
B, кг	15,14

Продолжение таблицы Д.1

по повышенной температуре,с $t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}}$	103,61
по потере видимости,с $t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	32,57
по пониженному содержанию кислорода,с $t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	96,9
по повышенному содержанию CO <sub>2</sub> , с $t_{кр}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	Фактор не опасен
по повышенному содержанию CO, с $t_{кр}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	Фактор не опасен
по повышенному содержанию HCl,с $t_{кр}^{HCl} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	48,16
$t_{бл} = \min \left\{ t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^T, t_{кр}^{т.г.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{т.п.} \right\}$	32,57
Электрокабель АВВГ; ПВХ оболочка+изоляция	
Наименование параметра	Значение параметра
Низшая теплота сгорания материала (Q <sub>н</sub> ), МДж/кг	25
Удельная массовая скорость выгорания жидкости (Ψ <sub>уд</sub> ), кг/(м <sup>2</sup> ·с)	0,024

Продолжение таблицы Д.1

Дымообразующая способность горящего материала ( $D_m$ ), $(Hn \cdot m^2)/кг$	635
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{O_2}$ ), кг/кг	2,19
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{CO_2}$ ), кг/кг	0,398
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{CO}$ ), кг/кг	0,109
Удельный выход токсичных газов при сгорании 1 кг материала ( $L_{HCl}$ ), кг/кг	0,025
Линейная скорость распространения пламени ( $v$ ), м/с	0,007
$n$	3
$A$ , кг/с <sup>2</sup>	$1,23 \cdot 10^{-6}$
$B$ , кг	8,36
по повышенной температуре,с $t_{кр}^T = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot Z} \right] \right\}^{\frac{1}{n}}$	98,26
по потере видимости,с $t_{кр}^{п.в.} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	28,3
по пониженному содержанию кислорода,с $t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{0,044}{\left( \frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	90,28

Продолжение таблицы Д.1

по повышенному содержанию CO <sub>2</sub> , с $t_{кр}^{CO_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	Фактор не опасен
по повышенному содержанию CO, с $t_{кр}^{CO} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	106,6
по повышенному содержанию HCl, с $t_{кр}^{HCl} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[ 1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot Z} \right]^{-1} \right\}^{\frac{1}{n}}$	45,89
$t_{бл} = \min \left\{ t_{кр}^{п.в.}, t_{кр}^T, t_{кр}^{т.г.}, t_{кр}^{O_2}, t_{кр}^{т.п.} \right\}$	28,3

Таблица Д.2 – Протокол определения времени от начала пожара до блокирования опасных факторов пожара. Сценарий 3

Наименование параметров	Значение параметров
Удельная изобарная теплоемкость газа (C <sub>p</sub> ), МДж/(кг·К)	0.00104512
Коэффициент теплопотерь (φ)	0.7
Коэффициент полноты горения (η)	0.8
Начальная температура воздуха в помещении (t <sub>0</sub> ), °С	23
Коэффициент отражения предметов на путях эвакуации (α)	0.3
Начальная освещенность (E), Лк	50
Предельная дальность видимости в дыму (L <sub>пр</sub> ), м	20

Продолжение таблицы Д.2

Высота площадки, на которой находятся люди, над полом помещения, м	0
Площадь помещения, м <sup>2</sup>	51,5
Высота помещения, м	3,3
Перпендикулярный к направлению движения пламени размер зоны горения, м	–
Площадь зеркала жидкости, м	–
Время установления стационарного режима выгорания жидкости, с	–
Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении ( $X_{CO_2}$ ), кг/м <sup>3</sup>	0.11
Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении ( $X_{CO}$ ), кг/м <sup>3</sup>	$1.16 \cdot 10^{-3}$
Предельно допустимое содержание токсичного газа в помещении ( $X_{HCl}$ ), кг/м <sup>3</sup>	$23 \cdot 10^{-6}$