

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ЮРГИНСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт: Юргинский технологический институт
Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Анализ и разработка мероприятий по обеспечению пожарной безопасности в МКОУ «Малопесчанская ООШ»

УДК 614.841.3:371.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
17Г81	Табарзода Бехрузи Муродали		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Деменкова Л.Г.	к.пед.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ЮТИ ТПУ	Лизунков В.Г.	к.пед.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Деменкова Л.Г.	к.пед.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Деменкова Л.Г.	к.пед.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ООП 20.03.01 «Техносферная безопасность»	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2022 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП
НАПРАВЛЕНИЯ 20.03.01 – «ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ»**

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность учитывать современные тенденции развития техники и технологий в области обеспечения техносферной безопасности, измерительной и вычислительной техники, информационных технологий в своей профессиональной деятельности.
ОПК(У)-2	Способность использовать основы экономических знаний при оценке эффективности результатов профессиональной деятельности
ОПК(У)-3	Способность ориентироваться в основных нормативно-правовых актах в области обеспечения безопасности
ОПК(У)-4	Способность пропагандировать цели и задачи обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ОПК(У)-5	Готовность к выполнению профессиональных функций при работе в коллективе
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-5	Способность ориентироваться в основных методах и системах обеспечения техносферной безопасности, обоснованно выбирать известные устройства, системы и методы защиты человека и окружающей среды от опасностей
ПК(У)-6	Способность принимать участие в установке (монтаже), эксплуатации средств защиты
ПК(У)-7	Способность организовывать и проводить техническое обслуживание, ремонт, консервацию и хранение средств защиты, контролировать состояние используемых средств защиты, принимать решения по замене (регенерации) средства защиты
ПК(У)-8	Способность выполнять работы по одной или нескольким профессиям рабочих, должностям служащих
ПК(У)-9	Готовность использовать знания по организации охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности в чрезвычайных ситуациях на объектах экономики
ПК(У)-10	Способность использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов в чрезвычайных ситуациях
ПК(У)-11	Способность организовывать, планировать и реализовывать работу исполнителей по решению практических задач обеспечения безопасности человека и окружающей среды
ПК(У)-12	Способность применять действующие нормативные правовые акты для решения задач обеспечения безопасности объектов защиты

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

Институт	Юргинский технологический институт
Направление	Техносферная безопасность
Уровень образования	Бакалавриат
Период выполнения	Весенний семестр 2021/2022 учебный год

Форма предоставления работы:

Бакалаврская работа

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

Срок сдачи студентом выполненной работы:	15.06.2022г.
--	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2022	Введение. Обзор литературы	5
25.03.2022	Расчеты и аналитика	5
20.04.2022	Результаты проведенного исследования. Заключение	10
23.05.2022	Раздел Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	5
01.06.2022	Раздел Социальная ответственность	5
08.06.2022	Нормоконтроль	
10.06.2022	Предварительная защита ВКР	10
17.06.2022	Размещение в ЭБС ТПУ	

Составил руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ЮТИ ТПУ	Деменкова Л.Г.	к.пед.н.		02.02.2022

СОГЛАСОВАНО:

	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Солодский С.А.	к.т.н.		02.02.2022

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

Институт: Юргинский технологический институт
Направление подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»
Профиль: «Защита в чрезвычайных ситуациях»

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ С.А. Солодский
« ___ » _____ 2022 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студенту:

Группа	ФИО
17Г81	Табарзода Бехрузи Муродали

Тема работы:

Анализ и разработка мероприятий по обеспечению пожарной безопасности
в МКОУ «Малопесчанская ООШ»

Утверждена приказом директора (дата, номер) от 18.04.2022 г. № 108-27.с

Срок сдачи студентами выполненной работы: 15.06.2022 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе:	МКОУ «Малопесчанская ООШ» Мариинского района Кемеровской области-Кузбасса. Этажность – 3, общая площадь – 4811,8 м ² . Высота здания 9,9 м (6,6 м). Степень огнестойкости здания – 2. Класс конструктивной пожарной опасности – С0, класс функциональной пожарной опасности Ф 4.1. Количество присутствующих на объекте – 476 чел. (из них детей от 6,5 до 17 лет – 410 чел.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов:	1.Провести литературный обзор по обеспечению пожарной безопасности в образовательных учреждениях. 2.Дать характеристику исследуемого объекта и проанализировать состояние системы его противопожарной защиты. 3.Разработать мероприятия по повышению пожарной безопасности объекта защиты.
Перечень графического материала:	Схемы движения потоков на I, II, III этажах (3 листа А4).
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Лизунков В.Г., к.пед.н.
Социальная ответственность	Солодский С.А., к.т.н.
Нормоконтроль	Деменкова Л.Г., к.пед.н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Реферат	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	10.02.2022 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ЮТИ ТПУ	Деменкова Л.Г.	к.пед.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
17Г81	Табарзода Б.М.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа выполнена на 81 стр., содержит 5 рис., 15 табл., 50 источников, 2 приложения.

Ключевые слова: ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ УЧРЕЖДЕНИЯ, ОГНЕЗАЩИТА, АНТИПИРЕНЬ, ВРЕМЯ ЭВАКУАЦИИ, АВТОМАТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ, СИСТЕМА ОПОВЕЩЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ЭВАКУАЦИЕЙ.

Объектом исследования является муниципальное казённое образовательное учреждение «Малопесчанская ООШ» Мариинского района Кемеровской области-Кузбасса.

Предмет исследования: организация противопожарной защиты МКОУ «Малопесчанская ООШ».

Цель работы: анализ и совершенствование системы противопожарной защиты МКОУ «Малопесчанская ООШ».

Задачи работы:

- провести литературный обзор по обеспечению пожарной безопасности в образовательных учреждениях;
- дать характеристику исследуемого объекта и проанализировать состояние противопожарной защиты образовательного учреждения;
- разработать проект системы противопожарной защиты МКОУ «Малопесчанская ООШ».

Abstract

The final qualification work is made on 81 pages, contains 5 figures, 15 tables, 50 sources, 2 appendices.

Keywords: EDUCATIONAL INSTITUTIONS, FIRE PROTECTION, FLAME RETARDANTS, EVACUATION TIME, AUTOMATIC INSTALLATION OF FIRE ALARM, WARNING AND EVACUATION MANAGEMENT SYSTEM.

The object of the study is the municipal state educational institution "Malopeschanskaya OOSH" of the Mariinsky district of the Kemerovo region-Kuzbass.

Subject of research: organization of fire protection of MKOU "Malopeschanskaya OOSH".

Purpose of the work: analysis and improvement of the fire protection system of the Moscow State Educational Institution "Malopeschanskaya OOSH".

Tasks of the work:

- to conduct a literature review on fire safety in educational institutions;
- to characterize the object under study and analyze the state of fire protection of the educational institution;
- to develop a project of the fire protection system of the Moscow State Educational Institution "Malopeschanskaya OOSH".

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.004-91 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования».

ГОСТ 12.1.033-81 «Система стандартов безопасности труда. ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ. Термины и определения»

ГОСТ Р 53325-2012 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний»

Перечень сокращений:

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

АКБ – аккумуляторная батарея;

СПС – система пожарной сигнализации;

ДИП – дымовой пожарный извещатель;

ИПР – извещатель пожарный ручной;

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией;

НПБ – нормы пожарной безопасности;

ПБ – пожарная безопасность;

ПУЭ – правила устройства электроустановок;

СИЗ – средства индивидуальной защиты.

Оглавление

	С.
Введение	12
1 Обзор литературы	13
1.1 Статистические данные о пожарах в образовательных учреждениях	13
1.2 Проблемы эвакуации детей и подростков при пожаре	15
1.3 Законодательная база при обеспечении пожарной безопасности в образовательных учреждениях	17
1.4 Организация противопожарной защиты в образовательных учреждениях	18
1.5 Огнезащита деревянных перекрытий	18
1.6 Выводы по главе 1	20
2 Характеристика объекта исследования	21
2.1 Общее представление о школе	21
2.2 Противопожарное состояние объекта и соответствие его требованиям нормативных документов	24
2.3 Выводы по главе 2	26
3 Расчёты и аналитика	27
3.1 Расчет предела огнестойкости деревянных конструкций	27
3.1.1 Расчет предела огнестойкости деревянного стропила с сечением 80×240мм, работающего на изгиб	27
3.1.2 Расчет предела огнестойкости деревянного стропила с сечением 100×220мм, работающего на изгиб	32
3.1.3 Расчет предела огнестойкости деревянного стропила с сечением 80×240 мм, работающего на изгиб и обработанного антипиренами	36
3.1.4 Расчет предела огнестойкости деревянного стропила с сечением 100×220 мм, работающего на изгиб и	38

	обработанного антипиренами	
	3.1.5 Техническое решение	39
	3.2 Расчет аварийного освещения	40
	3.3 Определение расчетного времени эвакуации	45
	3.4 Выводы по главе 3	53
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	54
	4.1 Оценка прямого ущерба	54
	4.2 Оценка косвенного ущерба	57
	4.2.1 Затраты на ликвидацию пожара	57
	4.2.2 Расходы, связанные с износом пожарной техники и пожарного оборудования	59
	4.2.2 Расходы на топливо для пожарной техники	59
	4.2.4 Затраты на восстановление здания	60
	4.2.5 Затраты на монтаж электропроводки и электрощитов	
	4.3 Выводы по главе 4	61
5	Социальная ответственность	63
	5.1 Описание рабочего места педагогического состава школы (учительская)	63
	5.2 Анализ выявленных вредных факторов	64
	5.2.1 Искусственное освещение	64
	5.2.2 Микроклимат	67
	5.2.3 Электромагнитное излучение	68
	5.3 Анализ выявленных опасных факторов	68
	5.3.1 Опасность поражения электрическим током	68
	5.3.2 Пожароопасность	69
	5.4 Охрана окружающей среды	70
	5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях	70
	5.6 Выводы по главе 5	71

Заключение	72
Список использованных источников	73
Приложение А Данные для определения времени эвакуации	81
Приложение Б Схемы движения потоков на I, II, III этажах	

Введение

Пожар – это неконтролируемый процесс горения, уничтожающий материальные ценности и создающий угрозу жизни и здоровью людей. По данным ГУ МЧС РФ по Кемеровской области-Кузбассу, в России каждые 4-5 минут вспыхивает пожар и ежегодно погибает от пожаров около 12 тысяч человек. Пожарная безопасность – это состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров. Согласно Конституции РФ [1] каждый гражданин имеет право на благоприятную окружающую среду и на труд в условиях, отвечающих требованиям безопасности, в том числе и пожарной.

Поэтому обеспечение пожарной безопасности является одной из актуальных проблем и важнейшей функцией государства. Особое внимание обращается на объекты социальной сферы, места массового скопления людей – школы, больницы, детские сады, торговые центры и т.д.

Объектом исследования является муниципальное казённое образовательное учреждение «Малопесчанская ООШ» Мариинского района Кемеровской области-Кузбасса.

Предмет исследования: организация противопожарной защиты МКОУ «Малопесчанская ООШ».

Цель работы: анализ и совершенствование системы противопожарной защиты МКОУ «Малопесчанская ООШ».

Задачи работы:

- провести литературный обзор по обеспечению пожарной безопасности в образовательных учреждениях;
- дать характеристику исследуемого объекта и проанализировать состояние противопожарной защиты образовательного учреждения;
- разработать проект системы противопожарной защиты МКОУ «Малопесчанская ООШ».

1 Обзор литературы

1.1 Статистические данные о пожарах в образовательных учреждениях

Официальный статистический учет пожаров и государственную статистическую отчетность по пожарам и их последствиям осуществляет МЧС России [2]. В 2020 г. на территории РФ произошло 439394 пожара, в которых погибло 8313 человек. Материальный ущерб составил около 20,9 млн. руб. [2].

Приведенные данные показывают, что общее положение с пожарами в РФ остается неудовлетворительным. Существенные человеческие и материальные потери показывают недостаточность мер, принимаемых правительством и органами региональной власти [3].

На территории России расположен ряд школ постройки 1960-1980-х гг. Состояние этих зданий в аспекте пожарной безопасности является не вполне удовлетворительным [2]. Учитывая, что значительную часть времени учащиеся проводят в школах, главной задачей руководителей образовательных учреждений является обеспечение пожарной безопасности. В табл. 1 представлены статистические данные, показывающие количество пожаров и их причины в зданиях общественного назначения в период с 2016 по 2020 гг.

Таблица 1 – Причины и количество пожаров в зданиях общественного назначения с 2016 по 2020 гг.

Причина	2016	2017	2018	2019	2020
Нарушение правил эксплуатации электрооборудования	1495	1304	1481	1853	1743
Нарушение правил устройства и эксплуатации теплогенерирующих агрегатов	32	21	21	38	28
Неосторожное обращение с огнем	503	490	512	628	537
Не установлена	38	27	40	54	43

Из данных табл. 1 следует, что основными причинами возникновения пожаров в зданиях общественного назначения являются:

- нарушение правил эксплуатации электрооборудования;
- неосторожное обращение с огнем.

В учебных заведениях причина «неосторожное обращение с огнем» включает в большинстве случаев детские шалости. В табл. 2 представлены данные по количествам пожаров, возникших по вине детей разных возрастных категорий [2].

Таблица 2 – Количество пожаров с 2017 по 2020 гг. в соответствии с возрастом их виновников

Возраст виновника пожара	Количество пожаров, шт			
	2017	2018	2019	2020
До 6 лет	574	535	699	571
От 7 до 13 лет	940	936	1334	1075
От 14 до 15 лет	137	154	226	193

Анализ данных табл. 2 показал, что по вине детей младшего школьного возраста происходит значительно больше пожаров, чем по вине подростков. Доля пожаров в зданиях образовательных учреждений невелика и составляет в 2020 г. 0,07% от общего количества. Статистические данные по количеству пожаров и причиненному ими материальному ущербу в зданиях образовательных учреждений приведены в таблице 3 [2]. Можно сделать вывод о прослеживающейся тенденции к увеличению числа пожаров на объектах данной категории [2].

Таблица 3 – Статистические данные по количеству пожаров и материальному ущербу за период с 2016 по 2020 гг.

Год	Количество пожаров, шт	Количество погибших, чел	Материальный ущерб, тыс. руб
2016	217	2	35104
2017	215	0	25513
2018	276	0	64391
2019	340	1	39233
2020	294	1	29076

Таким образом, статистические данные позволяют сделать вывод о значительной пожарной опасности в зданиях образовательных учреждений, что обуславливается как объективными причинами (наличием большого количества горючих материалов, источников зажигания и путей

распространения пожара), так и субъективными (нарушениями правил пожарной безопасности и особенностями возрастной категории школьников).

Эффективное функционирование системы обеспечения пожарной безопасности объекта невозможно без четкой правовой регламентации ее деятельности.

1.2 Проблемы эвакуации детей и подростков при пожаре

Оценка безопасной эвакуации детей и подростков требует понимания принципиальных различий между взрослым человеком и ребенком [4]. Отличительной особенностью поведения детей является то, что они действуют, не задумываясь, под влиянием возникающих в данный момент чувств и желаний. Поэтому их поведение зависит от внешних обстоятельств. Это предопределяет особые требования к организации эвакуации детей [5].

В статье 6 ФЗ-123 определено: «Пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной в том случае, если пожарный риск не превышает допустимых значений...» [6]. Определение величины индивидуального пожарного риска осуществляется согласно методике [7], утверждённой приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382.

Если говорить непосредственно о специфике эвакуационных мероприятий из здания школы, то главная задача ответственных лиц заключается в недопущении распространения паники и страха среди эвакуируемых детей, следствием которого могут стать безотчётные действия, ведущие к затруднению эвакуации и дополнительному травмированию. В научной литературе [4] паника определяется как психологическое состояние, выраженное в чувстве острого страха, охватывающего людей и вызывающее одну из наиболее часто встречающихся форм реакции – неконтролируемое и неудержимое стремление быстрее уйти (убежать) из опасной ситуации. Широко распространена среди детей реакция спрятаться, что усиливает риск пострадать и осложняет поиск и эвакуацию детей [4].

Согласно 123-ФЗ здания общеобразовательных организаций относятся к классу функциональной пожарной опасности Ф4.1 [6] и в соответствии с СП 1.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы» должны иметь не менее двух эвакуационных выходов с каждого этажа [7]. Для того, чтобы не допустить скопления учащихся на путях эвакуации, конструкция и ширина лестниц и коридоров должны удовлетворять требованиям СП 1.13130.2020 и составлять не менее 0,9 м [7]. Важно также размещение разновозрастных школьников по этажам учебного заведения. Согласно п. 7.12.7. СП 1.13130.2020 помещения начальных классов следует размещать не выше второго этажа [7].

Степень огнестойкости, класс конструктивной пожарной опасности и наибольшую высоту зданий школ следует принимать в соответствии с СП 2.13130.2020 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты» [8]. Так, согласно этому документу, при численности школьников от 350 до 600 чел. класс конструктивной пожарной опасности – С0, степень огнестойкости здания – не ниже II, допустимая высота здания – 11 м, этажность – 3. Класс конструктивной пожарной опасности С0 является наиболее безопасным классом конструктивной пожарной опасности (табл. 22 Федерального закона N 123-ФЗ) [6].

Успешность эвакуации в школе зависит также от обучения школьников основам пожарной безопасности. Эта подготовка повышает оперативность эвакуации, проводимой в условиях наличия реального возгорания.

Итак, к аспектам успешности эвакуации школьников относятся:

- недопущение распространения паники и страха;
- соответствие параметров путей эвакуации и конструктивных особенностей здания нормативной документации;
- размещение школьников по возрастам согласно нормативным требованиям;
- обучение школьников основам пожарной безопасности.

1.3 Законодательная база при обеспечении пожарной безопасности в образовательных учреждениях

На федеральном уровне пожарная безопасность населения законодательно обеспечивается следующими документами:

- Федеральный закон Российской Федерации от 21.12.1994 г. N 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [3], определяющий правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности;

- Постановление Правительства Российской Федерации от 16.09.2020 г. N 1479 «Об утверждении правил противопожарного режима в РФ» [10], которым определяется порядок поведения людей, организации производства и (или) содержания объектов защиты в целях обеспечения пожарной безопасности;

- Федеральный закон Российской Федерации от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» N 123-ФЗ [11], который определяет основные положения технического регулирования в области пожарной безопасности.

Нормативные правовые акты Кемеровской области-Кузбасса охватывают регулятивным воздействием особенности различных общественных отношений, которые не могут быть учтены с помощью федеральных законов. К ним относятся:

- Закон Кемеровской области от 25 сентября 1997г. N 33-ОЗ «Об обеспечении пожарной безопасности»;

- Закон Кемеровской области от 02 июля 2014 года N 62-ОЗ «О некоторых вопросах деятельности добровольной пожарной охраны»;

- Распоряжение Правительства Кемеровской области – Кузбасса от 16.10.2020 N 669-р «Об организации подготовки населения Кемеровской области - Кузбасса в области гражданской обороны и защиты от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера»;

- Постановление Коллегии Администрации Кемеровской области от 22.02.2008 N 59 – Об утверждении Порядка оповещения и информирования населения [12] и др.

1.4 Организация противопожарной защиты в образовательных учреждениях

Согласно [13], ответственность за чрезвычайные ситуации в образовательном учреждении несет администрация школы. Поэтому одной из основных задач руководителя образовательного учреждения является организация системы противопожарной защиты [13]. Система противопожарной защиты может включать в себя следующие элементы:

- средства пожаротушения от привозных средств пожарной техники;
- автоматические установки пожарной сигнализации и пожаротушения [14];
- мероприятия строительной профилактики пожаров (пропитка конструкций антипиренами и нанесением огнезащитных составов, устройство противопожарных преград, использование отделок, облицовок и т.д.);
- средства противодымной защиты;
- средства оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, средства обеспечения и защиты путей эвакуации [15,18];
- средства коллективной и индивидуальной защиты людей от ОФП.

1.5 Огнезащита деревянных перекрытий

Натуральная древесина представляет наибольшую пожарную опасность по сравнению с другими строительными материалами из-за невысокой огнестойкости. Для повышения огнестойкости конструкций из дерева применяется огнезащита. В соответствии с п. 6 ст. 52 ФЗ-123 одним из способов (либо в составе комплекса мер) защиты людей и имущества от

воздействия опасных факторов пожара принято применение огнезащитных составов (в том числе антипиренов и огнезащитных красок) и строительных материалов (облицовок) для повышения пределов огнестойкости строительных конструкций [11]. Ст. 58 уточнено, что огнестойкость и класс пожарной опасности строительных конструкций должны обеспечиваться за счет их конструктивных решений, применения соответствующих строительных материалов, а также использования средств огнезащиты [11].

Согласно ГОСТ 12.1.033-81 антипирены – это вещества или смеси, добавляемые в материал (вещество) органического происхождения для снижения его горючести [16]. Механизм действия антипиренов основан на следующих принципах:

- антипирены могут разлагаться с поглощением энергии, сопровождающимся выделением негорючих газов, которые разбавляют горящую воздушную смесь;

- в процессе пиролиза органических материалов, пропитанных антипиренами, может образоваться огнестойкий коксовый остаток, в т.ч. термически вспучивающийся с созданием теплоизоляционного слоя на защищаемой поверхности;

- происходит ингибирование – резком торможении процесса окисления органических материалов.

Антипирены входят в состав огнезащитных составов, которые отличаются по огнезащитной эффективности.

Основная опасность при пожаре – потеря прочности сооружения. Обрушение перекрытий происходит быстро, на большой площади, и, кроме непосредственной угрозы жизни людей, блокирует пути эвакуации. Поэтому степень безопасности здания определяется пределом огнестойкости – временем, в течение которого деревянная конструкция сохраняет несущую способность. Главная задача огнезащиты – максимальное увеличение этого времени.

По данным исследований ВНИИ пожарной охраны МВД РФ, воспламенение и стойкое пламенное горение древесины начинается при температуре 260 С [17]. Однако длительный нагрев до 130–150°С (например, вблизи дымоходов) инициирует химические процессы разложения древесины с выделением тепла, при которых температура материала поднимается до 330 °С, и начинается самовозгорание. При этом при температуре 230–250 °С дерево полностью теряет способность выдерживать механические нагрузки. Таким образом, огнезащита деревянных перекрытий позволяет осуществить термоизоляцию деревянных перекрытий для сохранения прочности, блокирование распространения огня, предотвращение возгораний.

1.6 Выводы по главе 1

В 2020 г. на территории РФ произошло 439394 пожара, в которых погибло 8313 чел., прямой материальный ущерб составил около 21 млн. руб.

Противопожарная защита объектов основывается на Конституции РФ, ФЗ–123, ФЗ–69, Правилах противопожарного режима в РФ и подзаконных актах федерального и муниципального значения, а также локальной документации учреждений.

Одним из элементов системы противопожарной защиты являются мероприятия строительной профилактики пожаров, в т.ч. пропитка конструкций антипиренами и нанесение огнезащитных составов.

2 Характеристика объекта исследования

2.1 Общее представление о школе

Муниципальное казённое образовательное учреждение «Малопесчанская ООШ» находится по адресу Кемеровская обл., Мариинский р-н, с. Малопесчанка.

Здание введено в эксплуатацию в 1969 году. Общая площадь составляет 4811,8 м². Представляет собой трехэтажное отдельно стоящее здание 2 степени огнестойкости Н-образной формы. Высота трехэтажной части 9,9 м, двухэтажной – 6,6 м. В таблице 4 представлено описание конструктивных элементов школы. По конструктивной пожарной опасности здание относится к категории С0, степень огнестойкости II согласно [19], по функциональной пожарной опасности категория Ф 4.1 [20].

Таблица 4 – Конструктивные элементы и их описание

Наименование конструктивных элементов		Описание конструктивных элементов		
		Этажи	Подвал	Тамбур
Фундамент		бутобетонный ленточный	бутобетонный ленточный	бутобетонный ленточный
Стены		железобетонные	бетонные монолитные	кирпичные
Перегородки		бетонные	бетонные	
Перекрытия	Чердачное	железобетонные	-	сборно-монолитные
	Междуэтажное	сборные плиты	сборные плиты	
	Подвальное	железобетонные	железобетонные	
Крыша		асбестоцементная	асбестоцементная	асбестоцементная
Полы		деревянные	бетонные	бетонные
Промы	Оконные	стеклопакет	-	пластик
	Дверные	дерево	дерево	дерево

Режим работы МКОУ «Малопесчанская ООШ»: с 8-00 до 18-00 (при работе дополнительного образования – до 20-00), выходной воскресенье, учреждение работает в одну смену. Количество персонала – 476 человек (включая учащихся, руководство, педагогических и обслуживающих работников). Количество детей, посещающих школу, составляет 410 человек. Возраст учащихся от 6,5 до 17 лет.

Территория школы огорожена. Наружное освещение территории исправно, расстояние между строениями соответствует глава 16 ФЗ № 123 [11] и СП 4.13130.2013 [21] и составляет 20 м.

Въезд на территорию осуществляется со стороны улицы. Дорожное покрытие – асфальт. Наружное пожарное водоснабжение обеспечивает пожарный гидрант, расположенный на территории школы, на расстоянии 15 м от нее. Внутреннее противопожарное водоснабжение в школе отсутствует (не требуется, согласно СП 10.13130.2020 «Внутренний противопожарный водопровод не требуется предусматривать в зданиях общеобразовательных школ, кроме школ-интернатов») [22].

Крыша здания шиферная по деревянной обрешетке. Огнезащитная обработка деревянных конструкций чердачного помещения (стропил, ферм) была проведена в 2015 г. Слуховые окна зарешечены. Над частью здания (высотой более 10 м) выполнено ограждение кровли. Установлена стационарная пожарная лестница.

В здании имеется подвальное помещение и технический этаж. Вход в подвальное помещение осуществляется с крыльца основного входа в здание. Вход в техническое подполье осуществляется с лестничной площадки первого этажа запасного эвакуационного выхода из здания. В подвальном помещении расположены служебные помещения, элеваторный узел и электрощитовая. В электрощитовой установлен огнетушитель ОУ-5. В части здания (под помещением спортивного зала) имеется подвальное помещение, в котором расположен тир. Помещение не эксплуатируется, обесточено. Вход в указанное помещение осуществляется из помещения раздевалки для мальчиков.

Система противопожарной защиты, включающая в себя систему автоматической пожарной сигнализации и систему оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре была установлена в 2010 г., что не соответствует требованиям, изложенным в ГОСТ Р 53325-2012 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний» основные технические средства пожарной автоматики должны иметь средний срок службы не менее 10 лет [23].

Аварийно-химически опасных, биологически опасных, радиоактивных веществ в деятельности учебного заведения не применяется. Охрана МКОУ «Малопесчанская ООШ» в ночное время и выходные дни осуществляется сторожем. Вызов сотрудников правоохранительных органов в случае посягательства на учеников и педагогов школы исполняется с телефона руководителя объекта. Время прибытия оперативной группы (сотрудники ОВД г. Енисейска) по тревоге составляет 10 мин.

Имеется система дублирования сигнала о пожаре на пульт подразделения пожарной охраны «Гранит». В школе имеются планы эвакуации людей в случае возникновения пожара, выполненные в соответствии с требованиями нормативных документов. В здании школы имеется 7 эвакуационных выходов. Имеется ограждение крыльца каждого запасного эвакуационного выхода.

Центральный вход расположен во дворе школы. Вход осуществляется через остекленный тамбур. Имеется 2 двери, с этого же крыльца осуществляется вход в подвальное помещение. На первом этаже в левой части здания расположены: библиотека, гардероб (имеется запасной эвакуационный выход), учебные кабинеты. В правой части – кабинеты обслуживающего труда, мастерские трудового обучения (запасной эвакуационный выход из помещения мастерских). Из помещения спортивного зала имеется запасной эвакуационный выход. Здесь же установлены 2 огнетушителя марки ОП-4.

На втором и третьем этаже здания расположены учебные классы. Кабинеты начальных классов расположены на втором этаже здания. В

центральном переходе здания имеется аварийный выход из коридора второго этажа в коридор первого этажа. Указанный выход расположен рядом с кабинетом химии. В кабинетах химии, физики установлены по 2 огнетушителя: ОУ-2 и ОП-3, имеется кошма и ящик с песком. В кабинете информатики установлены 2 огнетушителя – ОП-5 и ОУ-2. Школа укомплектована первичными средствами пожаротушения согласно требованиям СП 9.13130.2009 [24]. В указанных кабинетах на видных местах размещены инструкции по пожарной безопасности по действиям в случае возникновения пожара.

Отопление здания центральное, освещение электрическое. Электропроводка выполнена открытым способом. Во всем здании в 2018 г проведен капитальный ремонт электропроводки. Светильники в здании оборудованы плафонами. Аварийное освещение отсутствует. Ответственным за обеспечение пожарной безопасности является директор. Ответственные прошли обучение мерам пожарной безопасности по программе ДПО в марте 2022 г.

Пожарная нагрузка в здании представляет собой: ученическую мебель, оборудование, инвентарь, выполненные из сгораемых материалов.

2.2 Противопожарное состояние объекта и соответствие его требованиям нормативных документов

В школе в целях обеспечения пожарной безопасности изданы следующие приказы: «Об обеспечении пожарной безопасности»; «О создании пожарно-технической комиссии»; «Об утверждении программы по обучению пожарной безопасности работников, осуществляющих круглосуточную охрану образовательного учреждения»; «О создании комиссии по проверке состояния пожарной сигнализации»; «О назначении ответственных лиц за обучение пожарной безопасности»; «О противопожарном режиме»; «О назначении ответственного лица за сохранность и готовность к действию первичных

средств пожаротушения и пожарного инвентаря, расположенного в здании МКОУ «Малопесчанская ООШ».

Разработаны следующие документы: общеобъектовая инструкция о мерах пожарной безопасности; положение о пожарно-технической комиссии; инструкция, определяющая действия персонала по обеспечению безопасной эвакуации людей; инструкция о мерах пожарной безопасности в здании и на прилегающей территории; оперативный план тушения; требования к содержанию первичных средств пожаротушения; инструкция пожарной безопасности для обучающихся; инструкция по оказанию первой помощи; инструкция по действиям при пожаре.

Был проведен анализ на соответствие фактического состояния здания МКОУ «Малопесчанская ООШ» требованиям нормативных документов в области пожарной безопасности. Выявлены следующие нарушения:

- отсутствие табличек с номером телефона пожарной охраны;
- нарушена проходимость эвакуационных выходов (загромождены мебелью);
- отсутствует аварийное освещение;
- отсутствуют указатели расстояния и направления к пожарным гидрантам;
- нарушены правила перезарядки огнетушителей.

Звуковые сигналы СОУЭ должным образом не обеспечивают уровень звука, требующийся согласно п. 4.2 СП 3. 13130. 2009 не менее чем на 15 дБА выше допустимого уровня звука постоянного шума в защищаемом помещении [24]. Установка световых оповещателей «Выход» не соответствует п. 5.3 СП 3.13130.2009, в некоторых местах неисправно световое табло и оповещатель не подсвечивается [24].

Обработка антипиренами стропил и обрешетки крыши проводится несвоевременно, что может привести к развитию пожара. В соответствии с п.5.4.5 СП 2.13130. 2020 [25]и в соответствии с ГОСТ Р 53292-2009 [23] стропила и перекрытия выполненные из горючих материалов должны

обрабатываться материалами огнестойкой защиты II согласно паспорту на материал защиты.

2.3 Выводы по главе 2

Проведенный анализ объекта на соответствие фактического состояния здания требованиям нормативных документов в области пожарной безопасности показал, что в МКОУ «Малопесчанская ООШ» выявлены нарушения. Наиболее серьезным является отсутствие огнезащитной обработки деревянных конструкций чердачного помещения.

Для улучшения состояния данного объекта необходимо провести мероприятия по повышению пожарной безопасности, а именно:

- расчет огнестойкости деревянных стропил;
- проектирование СПС и СОУЭ;
- проектирование аварийного освещения;
- расчет времени эвакуации.

3 Расчеты и аналитика

3.1 Расчет предела огнестойкости деревянных конструкций.

3.1.1 Расчет предела огнестойкости деревянного стропила с сечением 80×240мм, работающего на изгиб.

Исходные данные: расчетный пролет, $L = 7,3$ м; высота поперечного сечения, $h = 240$ мм; ширина поперечного сечения, $B_{\sigma} = 80$ мм; нормативная нагрузка на стропило, $q_n = 3,43$ кН/м; шаг стропил, $a_{\sigma} = 0,6$ м; сорт древесины – 2; количество обогреваемых сторон – 3; длина стропила, на которое произошло обрушение связей, $l_{pf} = 2$ м.

Фактический предел огнестойкости балки определяют по минимальному значению Z_{cr} , вычисленному из трех расчетных условий.

Условие первое: потеря прочности по нормальным напряжениям.

$$\eta_n = \frac{M_n}{W \cdot R_{fw}} \quad (3.1)$$

где M_n – изгибающий момент в середине балки, кН·м, возникающий от действия нормативной нагрузки;

W – момент сопротивления;

R_{fw} – расчетное сопротивление древесины изгибу, МПа.

$$M_n = \frac{q_n \cdot l^2}{8} \quad (3.2)$$

где q_n – нормативная нагрузка на стропило, кН/м;

l – длина стропила.

$$M_n = \frac{3,43 \cdot 7,3^2}{8} = 22,85 \text{ кН·м}$$

$$W = \frac{B_{\sigma} \cdot h^2}{6} \quad (3.3)$$

где B_{σ} – ширина стропила, м;

h – высота, м.

$$W = \frac{0,08 \cdot 0,24^2}{6} = 0,000768 \text{ м}^3$$

R_{fw} – равно 26 МПа (по таблице 5 для древесины второго сорта).

Таблица 5 – Расчетные сопротивления R_f для определения пределов огнестойкости деревянных конструкций

Напряженное сопротивление	Условное обозначение	Расчетное сопротивление, МПа, в зависимости от сорта древесины		
		1	2	3
Изгиб	R_{fw}	29	26	18
Сжатие вдоль волокон	R_{fc}	26	23	16
Растяжение вдоль волокон	R_{ft}	20	15	-
Скалывание вдоль волокон:	R_{fqs}			
- цельной		3,0	2,7	2,7
- клееной		1,2	1,1	1,1

$$\eta_n = \frac{22,85 \cdot 10^3}{0,000768 \cdot 26 \cdot 10^6} = 1,089$$

По [7] для числа обогреваемых сторон 3, $\frac{h}{B_6} = 2,2$, $\eta_n = 1,089$ определяем,

что $z_{crw} = 0,25 \cdot B_6 = 0,25 \cdot 100 = 25 \text{ мм} = 0,025 \text{ м}$.

Так как точка пересечения лежит ниже пунктирных линий.

Второе условие – потеря прочности по касательным напряжениям.

$$\eta_A = \frac{1,5 \cdot Q}{A \cdot R_{fqs}} \quad (3.4)$$

где Q – поперечная сила, кН;

A – поперечная площадь сечения, м²;

R_{fqs} – расчетное сопротивление древесины скалыванию, МПа.

$$Q = \frac{q_n \cdot l}{2} \quad (3.5)$$

где q_n – нормативная нагрузка на стропило, кН/м;

l – длина стропила.

$$Q = \frac{3,43 \cdot 7,3}{2} = 15,52 \text{ кН}$$

R_{fqs} равно 2,7 МПа (по таблице №4 для цельной древесины второго сорта).

$$\eta_A = \frac{1,5 \cdot 15,52}{0,08 \cdot 0,24 \cdot 2,7 \cdot 10^6} = 0,3623$$

По [7] для числа обогреваемых сторон 3, $\frac{h}{B_6} = 3$, $\eta_A = 0,3623$, определяем,

что

$$z_{crA} = 0,25 \cdot h = 0,25 \cdot 240 = 60 \text{ мм} = 0,060 \text{ м.}$$

так как найденная точка пересечения лежит ниже штрихпунктирной линии.

Третье условие – потеря устойчивости изгибаемых конструкций.

Возьмем три любых значения z , с соблюдением условия, что $Z_{cri} \leq 0,25 \cdot B_6$
 $Z_{cr1} \leq 0,25 \cdot B_6 \leq 0,25 \cdot 80 \leq 20$ мм. В этих пределах примем, что $Z_{cr1} = 5$ мм, $Z_{cr2} = 10$ мм,
 $Z_{cr3} = 15$ мм.

Определим отношение $\frac{Z_{cri}}{h}$:

$$\frac{Z_{cr1}}{h} = \frac{5}{240} = 0,0208$$

$$\frac{Z_{cr2}}{h} = \frac{10}{240} = 0,0416$$

$$\frac{Z_{cr3}}{h} = \frac{15}{240} = 0,0625$$

По монограмме [26] для числа обогреваемых сторон 3 и зная, $\frac{h}{B_6} = 3$, определяем в зависимости от $\frac{Z_{cri}}{h}$ коэффициенты η_{w1} , η_{w2} , η_{w3}

$$\eta_{w1} = 0,89$$

$$\eta_{w2} = 0,70$$

$$\eta_{w3} = 0,54$$

Определяем значения коэффициентов ($\varphi_{fwl...}\varphi_{fwi}$) с учетом изменения размеров сечения в середине пролета стропила в результате обугливания древесины с трех сторон по формуле:

$$\varphi_{fwl...i} = 140 \cdot \frac{(B_6 - 2 \cdot Z_{crl...i})^2}{l_{pf} \cdot (h - k \cdot Z_{crl...i})} \cdot k_{f\phi} \cdot k_{fжмл...i} \quad (3.6)$$

где B_6 – ширина сечения балки, м;

$Z_{crl...i}$ – критическая глубина обугливания, м;

l_{pf} – длина балки, на которой произошло обрушение связи, м;

h – высота сечения балки, м;

k – количество сторон балки по высоте ее сечения, подвергшихся обугливанию (при трехстороннем обогреве $k=1$);

$k_{f\phi}$ – коэффициент, зависящий от формы эпюры изгибающих моментов на участке l_{pf} ;

$k_{fжмл...i}$ – коэффициент, для односкатной балки равен 1.

$k_{f\phi} = 1,75 - 0,75 \cdot \alpha_f$, так как $l_{pf} < 0,5 \cdot L < 0,5 \cdot 7,3 < 3,65$

$$\alpha_f = \frac{M_{l_{pf}}}{M_n} \quad (3.7)$$

где $M_{l_{pf}}$ и M_n – моменты в середине пролета на месте обрушения связей

$$M_{l_{pf}} = \frac{q_n}{2} \cdot \left(\frac{L}{2} - l_{pf}\right) \cdot \left(\frac{L}{2} + l_{pf}\right) = \frac{3,43}{2} \cdot \left(\frac{7,3}{2} - 2\right) \cdot \left(\frac{7,3}{2} + 2\right) = 15,988 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$\alpha_f = \frac{M_{l_{pf}}}{M_n} = \frac{15,988}{22,85} = 0,69$$

$k_{f\phi} = 1,75 - 0,75 \cdot \alpha_f = 1,75 - 0,75 \cdot 0,6997 = 1,2252$, тогда

$$\varphi_{fw1} = 140 \cdot \frac{(0,08 - 2 \cdot 0,005)^2}{2 \cdot (0,24 - 1 \cdot 0,005)} \cdot 1,2252 \cdot 1 = 1,7882$$

$$\varphi_{fw2} = 140 \cdot \frac{(0,08 - 2 \cdot 0,01)^2}{2 \cdot (0,24 - 1 \cdot 0,01)} \cdot 1,2252 \cdot 1 = 1,3424$$

$$\varphi_{fw3} = 140 \cdot \frac{(0,08 - 2 \cdot 0,015)^2}{2 \cdot (0,24 - 1 \cdot 0,015)} \cdot 1,2252 \cdot 1 = 0,9529$$

Далее рассчитываем напряжение в расчетном сечении стропила:

$$\sigma_{f,wl...i} = \frac{M_n}{\varphi_{fwl...i} \cdot W \cdot \eta_{wl...i}} \quad (3.8)$$

$$\sigma_{f,w1} = \frac{22,85 \cdot 10^3}{1,7882 \cdot 0,000768 \cdot 0,89} = 18,7 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{f,w2} = \frac{22,85 \cdot 10^3}{1,3424 \cdot 0,000768 \cdot 0,7} = 31,6 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{f,w3} = \frac{22,85 \cdot 10^3}{0,9529 \cdot 0,000768 \cdot 0,54} = 57,8 \text{ МПа}$$

Построим график зависимости $\sigma_{f,w1}$ от Z_{cri} ($R_{fw} = 26 \text{ МПа}$).

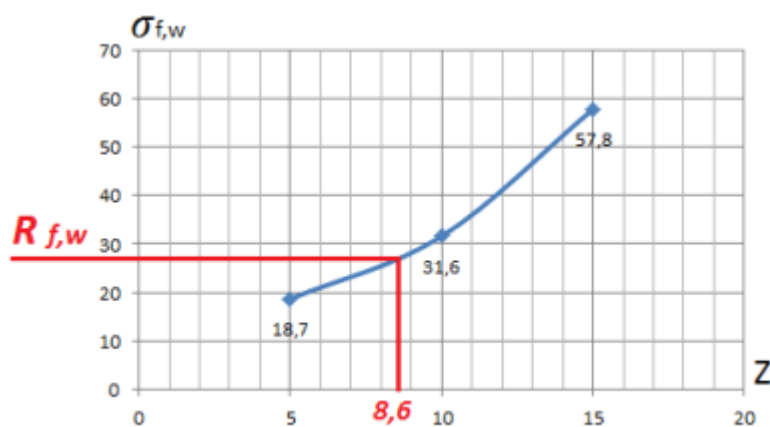


Рисунок 1 – График зависимости $\sigma_{f,w1}$ от Z_{cri}

$$Z_{cr\text{ есн}} = 8,6 \text{ мм.}$$

Выбираем из расчетов по трем условиям наименьшее значение Z_{cr} .
Наименьшее значение равно 8,6 мм. Для того, что бы рассчитать фактический предел огнестойкости деревянного стропила, воспользуемся формулой:

$$P_{\phi} = \tau_0 + \tau_{cr} \quad (3.9)$$

где τ_0 – время от начала воздействия на древесину до ее воспламенения принимается 5 мин для древесины с влажностью $W=12\%$;

τ_{cr} – время от начала воспламенения древесины до наступления предельного состояния.

$$\tau_{cr} = \frac{Z_{cr}}{V} \quad (3.10)$$

где Z_{cr} – критическая глубина обугливания древесины, при достижении которой наступает предельное состояние конструкции по огнестойкости;

V – скорость обугливания древесины, равна 1 мм/м (по таблице 6).

Таблица 6 – Скорость обугливания древесины

Наименьший размер сечения, мм	Скорость обугливания древесины, мм/мин	
	клееной	цельной
120 и более	0,6	0,8
менее 120	0,7	1,0

$$\tau_{cr} = \frac{Z_{cr}}{V} = \frac{8,6}{1,0} = 8,6 \text{ мин}$$

$$P_{\phi} = \tau_0 + \tau_{cr} = 5 + 8,6 = 13,6 \text{ мин}$$

3.1.2 Расчет предела огнестойкости деревянного стропила с сечением 100×220мм, работающего на изгиб.

Исходные данные: расчетный пролет, $L = 7,3$ м; высота поперечного сечения, $h = 220$ мм; ширина поперечного сечения, $B_{\sigma} = 100$ мм; нормативная нагрузка на стропило, $q_n = 3,43$ кН/м; шаг стропил, $a_{\sigma} = 0,6$ м; сорт древесины – 2; количество обогреваемых сторон – 3; длина стропила, на которое произошло обрушение связей, $l_{pf} = 2$ м.

Фактический предел огнестойкости балки определяют по минимальному значению Z_{cr} , вычисленному из трех расчетных условий.

Первое условие – потеря прочности по нормальным напряжениям.

$$\eta_w = \frac{M_n}{W \cdot R_{fw}} \quad (3.11)$$

где M_n – изгибающий момент в середине балки, кН·м, возникающий от действия нормативной нагрузки;

W – момент сопротивления, м³;

R_{fw} – расчетное сопротивление древесины изгибу, МПа.

$$M_n = \frac{q_n \cdot l^2}{8} \quad (3.12)$$

где q_n – нормативная нагрузка на стропило, кН/м;

l – длина стропила.

$$M_n = \frac{3,43 \cdot 7,3^2}{8} = 22,85 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$W = \frac{B_{\sigma} \cdot l^2}{6} \quad (3.13)$$

где B_{σ} – ширина стропила, м;

h – высота, м.

R_{fw} – равно 26 МПа (по таблице №4 для древесины второго сорта)

$$\eta_w = \frac{22,85 \cdot 10^3}{0,000807 \cdot 26 \cdot 10^6} = 1,0890$$

По [26] для числа обогреваемых сторон 3, $\frac{h}{B_{\sigma}} = 2,2$, $\eta_w = 1,0890$

определяем, что

$$Z_{crw} = 0,25 \cdot B_{\sigma} = 0,25 \cdot 100 = 25 \text{ мм} = 0,025 \text{ м}$$

так как найденная точка лежит ниже штрихпунктирной линии.

Второе условие – потеря прочности по касательным напряжениям.

$$\eta_w = \frac{1,5 \cdot Q}{A \cdot R_{fqs}} \quad (3.14)$$

где Q – поперечная сила, кН;

A – поперечная площадь сечения, м²;

R_{fqs} – расчетное сопротивление древесины скалыванию, МПа.

$$Q = \frac{q_n \cdot l}{2} \quad (3.15)$$

где q_n – нормальная нагрузка на стропило, кН/м;

l – длина стропила.

$$Q = \frac{3,43 \cdot 7,3}{2} = 12,52 \text{ кН}$$

R_{fqs} – равно 2,7 МПа (по таблице 4 для цельной древесины второго сорта).

$$\eta_A = \frac{1,5 \cdot 12,52 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 0,22 \cdot 2,7 \cdot 10^6} = 0,3162$$

По [7] для числа обогреваемых сторон 3, $\frac{h}{B_{\sigma}} = 2,2$, η_A 0,3162 определяем,

что:

$$Z_{crA} = 0,25 \cdot h = 0,25 \cdot 220 = 55 \text{ мм} = 0,055 \text{ м}$$

так как найденная точка пересечения лежит ниже штрихпунктирной линии.

Третье условие – потеря устойчивости изгибаемых конструкций.

Возьмем три любых значения z , с соблюдением условия, что $Z_{cri} \leq 0,25 \cdot B_{\sigma}$
 $Z_{cr1} \leq 0,25 \cdot B_{\sigma} \leq 0,25 \cdot 100 \leq 20$ мм. В этих пределах примем, что $Z_{cr1} = 5$ мм, $Z_{cr2} = 10$ мм, $Z_{cr3} = 15$ мм.

Определим отношение $\frac{Z_{cri}}{h}$:

$$\frac{Z_{cr1}}{h} = \frac{5}{220} = 0,0454$$

$$\frac{Z_{cr2}}{h} = \frac{10}{220} = 0,0682$$

$$\frac{Z_{cr3}}{h} = \frac{15}{220} = 0,0909$$

По [7] для числа обогреваемых сторон 3 и зная, $\frac{h}{B_6} = 2,2$, определяем в зависимости от $\frac{Z_{cri}}{h}$ коэффициенты $\eta_{w1}, \eta_{w2}, \eta_{w3}$

$$\eta_{w1} = 0,73$$

$$\eta_{w2} = 0,64$$

$$\eta_{w3} = 0,52$$

Определяем значения коэффициентов ($\varphi_{fwl...}\varphi_{fwi}$) с учетом изменения размеров сечения в середине пролета стропила в результате обугливания древесины с трех сторон по формуле:

$$\varphi_{fwl...i} = 140 \cdot \frac{(B_6 - 2 \cdot Z_{crl...i})^2}{l_{pf} \cdot (h - k \cdot Z_{crl...i})} \cdot k_{f\phi} \cdot k_{fжмл...i} \quad (3.16)$$

где B_6 – ширина сечения балки, м;

$Z_{crl...i}$ – критическая глубина обугливания, м;

l_{pf} – длина балки, на которой произошло обрушение связи, м;

h – высота сечения балки, м;

k – количество сторон балки по высоте ее сечения, подвергшихся обугливанию (при трехстороннем обогреве $k = 1$);

$k_{f\phi}$ – коэффициент, зависящий от формы эпюры изгибающих моментов на участке l_{pf} ;

$k_{fжмл...i}$ – коэффициент, для односкатной балки равен 1.

$k_{f\phi} = 1,75 - 0,75 \cdot \alpha_f$, так как $l_{pf} < 0,5 \cdot L < 0,5 \cdot 7,3 < 3,65$

$$\alpha_f = \frac{M_{l_{pf}}}{M_n} \quad (3.17)$$

где $M_{l_{pf}}$ и M_n – моменты в середине пролета на месте обрушения связей

$$M_{l_{pf}} = \frac{q_n}{2} \cdot \left(\frac{L}{2} - l_{pf}\right) \cdot \left(\frac{L}{2} + l_{pf}\right) = \frac{3,43}{2} \cdot \left(\frac{7,3}{2} - 2\right) \cdot \left(\frac{7,3}{2} + 2\right) = 15,988 \text{ кН}\cdot\text{м}$$

$$\alpha_f = \frac{M_{l_{pf}}}{M_n} = \frac{15,988}{22,85} = 0,69$$

$k_{f\phi} = 1,75 - 0,75 \cdot \alpha_f = 1,75 - 0,75 \cdot 0,6997 = 1,2252$, тогда

$$\varphi_{fw1} = 140 \cdot \frac{(0,08 - 2 \cdot 0,01)^2}{2 \cdot (0,22 - 1 \cdot 0,01)} \cdot 1,2252 \cdot 1 = 2,6138$$

$$\varphi_{fw2} = 140 \cdot \frac{(0,08 - 2 \cdot 0,015)^2}{2 \cdot (0,24 - 1 \cdot 0,015)} \cdot 1,2252 \cdot 1 = 2,0500$$

$$\varphi_{fw3} = 140 \cdot \frac{(0,08 - 2 \cdot 0,020)^2}{2 \cdot (0,24 - 1 \cdot 0,020)} \cdot 1,2252 \cdot 1 = 1,5438$$

Далее рассчитываем напряжение в расчетном сечении стропила:

$$\sigma_{f,wl...i} = \frac{M_n}{\varphi_{fwl...i} \cdot W \cdot \eta_{wl...i}} \quad (3.18)$$

$$\sigma_{f,w1} = \frac{2,6138 \cdot 0,000807 \cdot 0,73}{22,85 \cdot 10^3} = 14,84 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{f,w2} = \frac{2,0500 \cdot 0,000807 \cdot 0,64}{22,85 \cdot 10^3} = 21,58 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{f,w3} = \frac{1,5438 \cdot 0,000807 \cdot 0,52}{22,85 \cdot 10^3} = 35,27 \text{ МПа}$$

Построим график зависимости $\sigma_{f,w}$ от Z_{cri} ($R_{f,w} = 26 \text{ МПа}$).

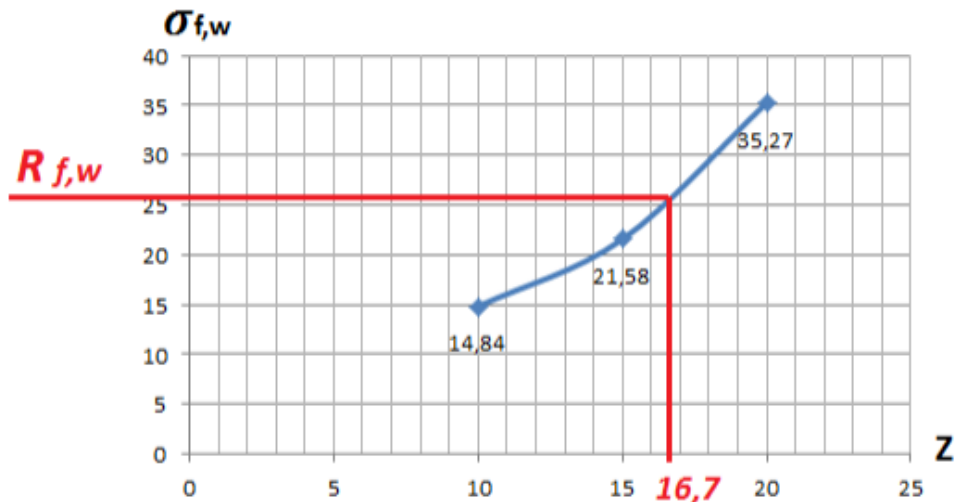


Рисунок 2 – График зависимости $\sigma_{f,w}$ от Z_{cri}

$$Z_{cr \text{ уст}} = 16,7 \text{ мм}$$

Выбираем из расчетов по трем условиям наименьшее значение Z_{cr} . Наименьшее значение равно 16,7 мм. Для того, чтобы рассчитать фактический предел огнестойкости деревянного стропила, воспользуемся формулой:

$$P_{\phi} = \tau_0 + \tau_{cr} \quad (3.19)$$

где τ_0 – время от начала воздействия на древесину до ее воспламенения принимается 5 мин для древесины с влажностью $W=12 \%$;

τ_{cr} – время от начала воспламенения древесины до наступления предельного состояния.

$$\tau_{cr} = \frac{Z_{cr}}{V} \quad (3.20)$$

где Z_{cr} – критическая глубина обугливания древесины, при достижении которой наступает предельное состояние конструкции по огнестойкости;

V – скорость обугливания древесины, равна 1 мм/м (по таблице 7).

$$\tau_{cr} = \frac{Z_{cr}}{V} = \frac{8,6}{1,0} = 8,6 \text{ мин}$$

$$P_{\phi} = \tau_0 + \tau_{cr} = 5 + 8,6 = 13,6 \text{ мин}$$

3.1.3 Расчет предела огнестойкости деревянного стропила с сечением 80×240 мм, работающего на изгиб и обработанного антипиренами

Определяем время от начала теплового воздействия пожара на стойку до воспламенения древесины при пропитке антипиренами по таблице 7.

Согласно этой таблице для древесины, обработанной антипиренами, $\tau_f = 4$ мин. Скорость обугливания древесины при горении определяем по таблице №5 для стропила из цельной древесины с наименьшей стороной сечения > 120 мм. $V = 1$ мм/мин = $1 \cdot 10^{-3}$ м/мин.

Таблица 7 – Время от начала теплового воздействия до воспламенения древесины в зависимости от способа огнезащиты [26]

Способ огнезащиты	Время до воспламенения древесины, τ_f , мин
Без огнезащиты и при пропитке антипиренами	4
Штукатурка гипсовая, $\delta=(10-12)$ мм	30
Штукатурка цементная по металлической сетке, $\delta=(10-15)$ мм	30
Полужесткая минераловатная плита, $\delta=70$ мм	35
Асбестоцементноперлитовый плоский лист, $\delta=(10-12)$ мм	20
Асбестоцементный прессованный плоский лист, $\delta=(10-12)$ мм	15
Вспучивающиеся покрытия:	
а) ВПД (4 слоя)	8
б) ОФП-9 (2 слоя)	8

Расчетное сопротивление изгибу $R_{и} = 2,6$ МПа, а расчетное сопротивление скалыванию при изгибе $R_{ск} = 2,7$ МПа (по таблице №4). Рассчитаем предел огнестойкости по потере прочности по скалыванию. Для элементов прямоугольного сечения $\sigma_{fq}(\tau)$ можно определить по формуле:

$$\sigma_{fq}(\tau) = \frac{1,5 \cdot Q_n}{A(\tau)} \quad (3.21)$$

где Q_n – поперечная сила в расчетном сечении от нормативных нагрузок, $Q_n = 12,52$ кН;

$A(\tau)$ – расчетная площадь поперечного сечения, м².

Задаемся несколькими последовательными моментами времени горения древесины стропила при пожаре: $\tau = 10, 20, 30$ мин.

Определяем для выбранных значений τ изменения размеров сечения стропила $b(\tau), h(\tau)$ в результате обугливания, $A(\tau)$ и затем найдем $\sigma_{fq}(\tau)$.

$$b(\tau) = b - 2 \cdot V \cdot \tau \quad (3.22)$$

$$h(\tau) = h - 2 \cdot V \cdot \tau \quad (3.23)$$

$$A_n(\tau) = b(\tau) \cdot h(\tau) \quad (3.24)$$

Результаты представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Результаты расчетов для стропила с сечением 80×240 мм

Время горения стропила при пожаре - τ , мин	$h(\tau)$, м	$b(\tau)$, м	$A_n(\tau)$, м ²	$\sigma_{fq}(\tau)$, МПа
0	0,24	0,08	0,0192	0,98
10	0,22	0,06	0,0132	0,42
20	0,20	0,04	0,0080	2,35
30	0,18	0,02	0,0036	5,21

Построим график зависимости $\sigma_{fq}(\tau)$.

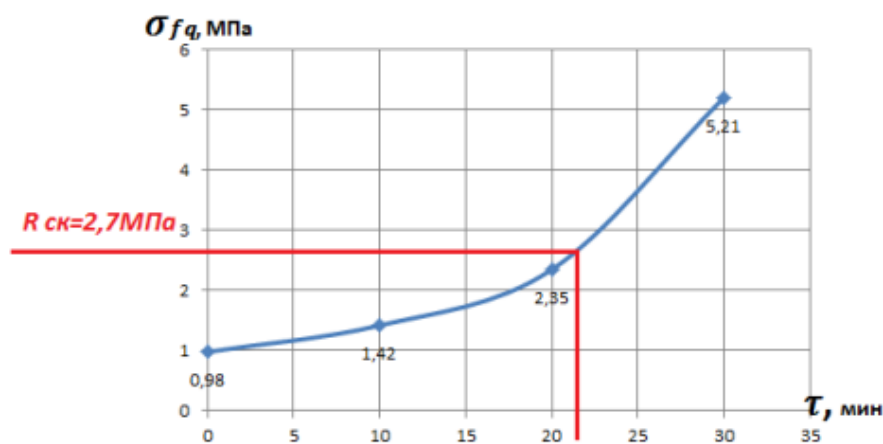


Рисунок 3 – График зависимости $\sigma_{fq}(\tau)$

Видно, что $\sigma_{fq}(\tau)$ для деревянного стропила с заданной нагрузкой $R_{ск}=27$ МПа достигается в диапазоне времени пожара $20 < \tau < 30$ мин.

Тогда по линейной интерполяции определим τ_r .

$$\tau_r = 30 - (30 - 20) \cdot \frac{5,21 - 2,7}{5,21 - 2,35} = 21 \text{ мин}$$

Далее определяем значение фактического предела огнестойкости $\tau_{f,r}$ рассматриваемого стропила по потере прочности по скалыванию с учетом обработкой древесины антипиренами.

$$\tau_{f,r} = \tau_f + \tau_r = 4 + 21 = 25 \text{ мин.}$$

3.1.4 Расчет предела огнестойкости деревянного стропила с сечением 100×220 мм, работающего на изгиб и обработанного антипиренами

Также рассчитаем предел огнестойкости по потере прочности по скалыванию. Результаты представлены в таблице 9.

Таблица 9 – Результаты расчетов для стропила с сечением 100×220 мм

Время горения стропила при пожаре - τ , мин	$h(\tau)$, м	$b(\tau)$, м	$A_n(\tau)$, м ²	$\sigma_{fq}(\tau)$, МПа
0	0,22	0,1	0,022	0,85
10	0,20	0,08	0,016	1,17
20	0,18	0,06	0,0108	1,74
30	0,16	0,04	0,0064	2,9

Построим график зависимости $\sigma_{fq}(\tau)$.

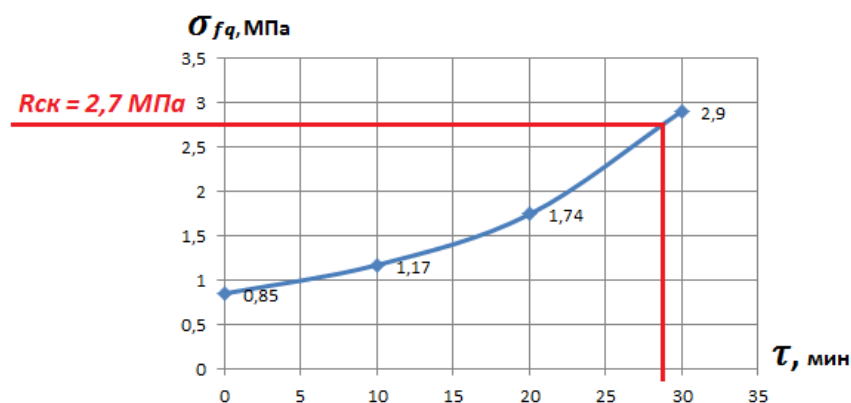


Рисунок 4 – График зависимости $\sigma_{fq}(\tau)$

Видно, что $\sigma_{fq}(\tau)$ для деревянного стропила с заданной нагрузкой $R_{ск}=2,7$ МПа достигается в диапазоне времени пожара $20 < \tau < 30$ мин.

Тогда по линейной интерполяции определим τ_r .

$$\tau_r = 30 - (30 - 20) \cdot \frac{2,9 - 2,7}{2,9 - 1,74} = 28 \text{ мин.}$$

Далее определяем значение фактического предела огнестойкости τ_{fr} рассматриваемого стропила по потере прочности по скалыванию с учетом обработки древесины антипиренами.

$$\tau_{fr} = \tau_f + \tau_r = 4 + 28 = 31 \text{ мин.}$$

Фактический предел огнестойкости стропил с учетом обработки древесины антипиренами составил 31 минуту.

3.1.5 Техническое решение

Согласно п. 5.4.5 СП 2.13130. 2020 [25] пределы огнестойкости чердачных покрытий в зданиях всех степеней огнестойкости не нормируются, стропила допускается выполнять из горючих материалов. В этом случае стропила в зданиях II-IV степеней огнестойкости следует подвергать обработке огнезащитными составами не ниже II группы огнезащитной эффективности [25].

Огнезащита стропил позволяет не только остановить распространение огня при возгорании, но и увеличивает прочность этих конструкций, несущих

усиленную нагрузку. Потеря массы при испытании образца, обработанного составом II группы эффективности, составляет 25% [27]. Древесина после такой обработки является трудновоспламеняемой. Период сопротивления огню составляет до 90 минут.

Предлагаемое техническое решение, которое может повысить предел огнестойкости – огнебиозащитный состав, представляющий собой смесь антипиренов и антисептика, под названием Негорин-Д-БИО. Он снижает пожароопасность древесины, а также предохраняет от биоповреждений – плесени и грибка.

Использовать состав необходимо при температуре не ниже -5°C , можно с помощью кисти, валика, аппарата распыления или методом полного погружения. Наносится в 2-4 слоя, обеспечивая сушку между слоями не менее 6 часов. Периодичность обработки 1 раз в три года.

Вывод: расчет показал, что фактический предел огнестойкости для деревянного стропила с сечением 80x240 мм составил 13,6 мин, с сечением 100x220 мм – 21,7 мин. Далее было предложено техническое решение – Негорин-ДЕ-БИО в качестве огнезащитного состава. Расчет деревянного стропила после обработки показал, что предел огнестойкости стал равен: для сечения 80x240 мм 21,7 мин, а для сечения 100x220 – 31 мин.

3.2 Расчет аварийного освещения.

Согласно СП 1.13130.2020 [26] в МКОУ «Малопесчанская ООШ» следует предусматривать аварийное освещение. Аварийное освещение – это освещение, которое включается при отключении рабочего освещения, оно подразделяется на эвакуационное и резервное.

Для обеспечения аварийного освещения использую специальные светильники. В здании школы предусмотрено разместить аварийные светильники непостоянного действия ЛБО43 «Спутник». Это светильники, в которых лампы аварийного освещения работают только при нарушении систем

питания рабочего освещения. Источником света являются две линейные люминесцентные лампы, что соответствует требованиям п. 7.18 СП 52.13330.2016 [28].

При использовании люминесцентных ламп в помещении должна быть минимальная температура не менее 5 °С и соблюдаться условие – питание ламп во всех режимах обеспечивается напряжением не ниже 90% номинального [28].

Найдем необходимое расстояние между светильниками (L) и расстояние от крайних светильников до стены, а исходя из этих данных и плана школы, определим их количество, необходимое для проектирования аварийного освещения.

У светильника ЛБО43 «Спутник» кривая сила света косинусная (Д), следовательно, отношение оптимального расстояния между светильниками к расчетной высоте составляет $\lambda = \frac{L}{H_p} = 1,6$ [28].

Находим расчетную высоту:

$$H_p = H - h_c - h_p \quad (3.25)$$

где H – высота помещения, м;

h_c – расстояние от светильника до перекрытия – свес (толщина светильника, м);

h_p – высота расчетной поверхности над полом, м.

$$H_p = 3 - 0,083 - 0 = 2,917 \text{ м.}$$

Используя полученные значения, находим расстояние между светильниками $L = \lambda \cdot H_p = 1,16 \cdot 2,917 = 4,6$ м. Расстояние от крайних светильников до стены равно половине L, тогда $l = 0,5 \cdot 4,6 = 2,3$ м.

В результате получаем, что расстояние между светильниками должно быть 4,6 м, а расстояние от крайних светильников до стены – 2,3 м. Поэтому, исходя из плана школы, на первом этаже потребуется разместить 37 светильников, на втором – 39, на третьем – 30.

Далее необходимо рассчитать световой поток по методу коэффициента использования светового потока, а затем, исходя из расчетов, подобрать для

светильников лампы. Для удобства разобьем объект на отдельные участки, каждый из которых пронумеруем.

По таблице 8.2 [29] принимаем степень отражения потолка $P_{\text{пот}} = 70\%$, стен – $P_{\text{ст}} = 50\%$, пола – $P_{\text{пол}} = 10\%$.

Определяем индекс каждого помещения по формуле (3.26). Результаты вычислений занесены в таблицу 13.

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p \cdot (A + B)} \quad (26)$$

где A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

H_p – расчетная высота, м.

Коэффициент запаса для газоразрядных ламп в помещениях общественных зданий равен $K_3 = 1,5$, а коэффициент минимальной освещенности для люминесцентных ламп – $z = 1,1$. Далее по таблице 8.1а [29] определяем методом линейной интерполяции коэффициент использования светового потока осветительной установки (для каждого помещения).

Этаж 1

$$\eta_1 = 56 - (56 - 47) \cdot \frac{1,25 - 0,86}{1,25 - 0,8} = 48,2\%$$

$$\eta_2 = 47 - (47 - 36) \cdot \frac{0,8 - 0,78}{0,8 - 0,6} = 45,9\%$$

$$\eta_3 = 73 - (73 - 63) \cdot \frac{3 - 2,17}{3 - 2} = 64,7\%$$

$$\eta_4 = 56 - (56 - 47) \cdot \frac{1,25 - 1,23}{1,25 - 0,8} = 55,6\%$$

$$\eta_5 = 35,4\%$$

$$\eta_6 = 56 - (56 - 47) \cdot \frac{1,25 - 1}{1,25 - 0,8} = 51\%$$

$$\eta_7 = 56 - (56 - 47) \cdot \frac{1,25 - 0,84}{1,25 - 0,8} = 48,2\%$$

Этаж 2

$$\eta_8 = 56 - (56 - 47) \cdot \frac{1,25 - 1,05}{1,25 - 0,8} = 52\%$$

$$\eta_9 = 56 - (56 - 47) \cdot \frac{1,25 - 0,9}{1,25 - 0,8} = 49\%$$

$$\eta_{10} = 63 - (63 - 56) \cdot \frac{2 - 1,47}{2 - 1,25} = 58,1\%$$

$$\eta_{11} = 56 - (56 - 47) \cdot \frac{1,25 - 1}{1,25 - 0,8} = 51\%$$

$$\eta_{12} = 47 - (47 - 36) \cdot \frac{0,8 - 0,7}{0,8 - 0,6} = 41,5\%$$

$$\eta_{13} = 63 - (63 - 56) \cdot \frac{2 - 1,57}{2 - 1,25} = 58,9\%$$

$$\eta_{14} = 47 - (47 - 36) \cdot \frac{0,8 - 0,7}{0,8 - 0,6} = 41,5\%$$

Этаж 3

$$\eta_{15} = 47 - (47 - 36) \cdot \frac{0,8 - 0,71}{0,8 - 0,6} = 42,05\%$$

$$\eta_{16} = 63 - (63 - 56) \cdot \frac{2 - 1,34}{2 - 1,25} = 56,84\%$$

$$\eta_{17} = 47 - (47 - 36) \cdot \frac{0,8 - 0,71}{0,8 - 0,6} = 42,05\%$$

$$\eta_{18} = 56 - (56 - 47) \cdot \frac{1,25 - 1}{1,25 - 0,8} = 51\%$$

$$\eta_{19} = 63 - (63 - 56) \cdot \frac{2 - 1,61}{2 - 1,25} = 59,36\%$$

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность (Е) на полу основных проходов и на ступенях лестниц 0,5 лк. Необходимый световой поток рассчитываем по формуле (3.27)

$$F = \frac{E \cdot K_3 \cdot A \cdot B \cdot z}{n \cdot N \cdot \eta} \quad (3.27)$$

где E – необходимая минимальная освещенность, лк;

K_3 – коэффициент запаса;

A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

z – коэффициент минимальной освещенности;

n – число ламп в светильнике;

N – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока светильников.

Результаты вычислений занесены в таблицу 10.

Таблица 10 – Результаты расчетов показателей для проектирования аварийного освещения

Номер участка	Количество светильников, шт	Длина (А), м	Ширина (В), м	Площадь (S), м ²	Индекс (i)	г, %	F, лм
Этаж №1							
1	6	23,9	2,8	66,92	0,86	48,2	9,55
2	3	9,34	3	28,02	0,78	45,9	8,39
3	10	20,8 6	9,1	189,826	2,17	64,7	12,1
4	4	8,32	6,3	52,416	1,23	55,6	9,72
5	1	3,33	3,22	10,72	0,56	35,4	12,4
6	4	5,9	5,8	34,22	1	51	6,92
7	9	40,7 9	2,6	106,054	0,84	47,8	10,2
Этаж №2							
8	4	6,25	6	37,5	1,05	52	7,4
9	6	29,8 5	2,9	86,565	0,9	49	12,1 5
10	8	15,8 8	5,9	93,692	1,47	58,1	8,3
11	4	5,9	5,8	34,22	1	51	6,92
12	6	26,3 8	2,2	58,036	0,7	41,5	9,6
13	9	20,6 6	5,9	121,89	1,57	58,9	9,48
14	2	6,03	3,15	18,99	0,7	41,5	9,44
Этаж №3							
15	2	6,03	3,15	18,99	0,71	42,0 5	9,44
16	6	11,6	5,9	68,44	1,34	56,8 4	8,28
17	8	3,5	2,2	77	0,71	42,0 5	9,44
18	4	5,9	5,8	34,22	1	51	6,92
19	10	23,2 8	5,9	137,352	1,61	59,3 6	9,54

Наибольшее значение 12,4 лм, т.е. лампа должна обеспечивать световой поток 12,4 лм. Выберем лампу, которая обеспечит требующий световой поток и которая способна проработать минимум 1 час. «Продолжительность работы освещения путей эвакуации должна быть не менее 1 ч» [30].

Для данных параметров подходит лампа БС-8101-2×6, ее нормируемый световой поток в аварийном режиме – 50 лм, а время работы – 1 час.

Каждый светильник имеет автономный источник питания – никель-кадмиевую высокотемпературную аккумуляторную батарею 3KR 23/42-1,6/L. Полный заряд батареи – 24 часа.

Вывод: в результате проектирования аварийного освещения было определено количество светильников на каждом этаже школы: на первом этаже – 37 шт, на втором – 39 шт, на третьем – 30 шт . Был произведен расчет светового потока по методу коэффициента использования светового потока. Его максимальное значение составило 12,4 лм, а затем, исходя из расчетов, подобраны люминесцентные лампы БС-8101-2×6.

3.3 Определение расчетного времени эвакуации

Расчет времени эвакуации людей производится по Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (Приложение №2 к приказу МЧС России от 30.06.2009 № 382) [30].

Особое значение приобретает движение людей во время возникновения пожара в здании, аварии или какого-либо стихийного бедствия.

В этом случае от правильной организации движения и состояния коммуникационных помещений зависит жизнь людей. Поскольку возникновение пожара возможно в любом помещении, то учет аварийной эвакуации людей обязателен для любого помещения и здания или сооружения в целом.

При расчете весь путь движения людского потока подразделяется на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур) длиной l_i и шириной δ_i . Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т.п. В пределах расчетного участка пути не должна изменяться ширина пути и не должно быть слияния людских потоков [31].

Длина и ширина каждого участка пути эвакуации принимаются по

проекту. Длина пути по лестничным маршам, а также по пандусам измеряется по длине марша. Длина пути по лестнице определяется как суммарная длина ее маршей и площадок и может быть принята равной утроенной разности отметок между входом на лестницу и выходом из нее. Длина пути в дверном проеме принимается равной нулю. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7м, а также тамбур следует считать самостоятельным участком горизонтального пути, имеющим конечную длину l_i .

Таблица 11 – Параметры движения людей в потоке

Плотность потока D , 2/2 м/м	Горизонтальный путь		Дверной проем, интенсивность q , м/мин	Лестница вниз		Лестница вверх	
	Скорость V , м/мин	Интенсивность q , м/мин		Скорость V , м/мин	Интенсивность q , м/мин	Скорость V , м/мин	Интенсивность q , м/мин
0,01	100	1,0	1,0	100	1,0	60	0,6
0,05	100	5,0	5,0	100	5,0	60	3,0
0,10	80	8,0	8,7	95	9,5	53	5,3
0,20	60	12,0	13,4	68	13,6	40	8,0
0,30	47	14,1	16,5	52	15,6	32	9,6
0,40	40	16,0	18,4	40	16,0	26	10,4
0,50	33	16,5	19,6	31	15,6	22	11,0
0,60	28	16,3	19,05	24,5	14,1	18,5	10,75
0,70	23	16,1	18,5	18	12,6	15	10,5
0,80	19	15,2	17,3	13	10,4	13	10,4
0,90	15	13,5	8,5	8	7,2	11	9,9

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

Расчетное время эвакуации определяется как сумма времени движения людского потока по отдельным участкам пути τ_i по формуле [32]:

$$\tau_p = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 \dots + \tau_i \quad (3.28)$$

где $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \dots + \tau_i$ – время движения людей на первом (начальном) участке

и каждом из следующих участков пути, мин.

Время движения людского потока по первому участку пути (τ_1), мин., вычисляют по формуле:

$$\tau_1 = \frac{l_1}{v_1} \quad (3.29)$$

l_1 – длина первого участка пути, м;

v_1 – значение скорости движения людского потока по горизонтальному пути на первом участке, определяется по таблице 13 в зависимости от плотности D , м/мин.

Плотность людского потока на первом участке пути, m^2/m^2 , вычисляют по формуле:

$$D_1 = \frac{N_1 \cdot f}{l_1 \cdot \delta_1} \quad (3.30)$$

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

f – средняя площадь горизонтальной проекции человека, m^2 (взрослого в домашней одежде – 0,1, взрослого в зимней одежде – 0,125, подростка – 0,07);

l_1 – длина первого участка пути, м;

δ_1 – ширина первого участка пути, м.

На последующих участках скорость определяется по таблице 13. в зависимости от значения интенсивности движения людского потока по каждому из этих участков пути, в том числе и для дверных проемов, по формуле:

$$q_i = \frac{q_{i-1} \cdot \delta_{i-1}}{\delta_i} \quad (3.31)$$

где δ_i, δ_{i-1} – ширина, рассматриваемого и предшествующего ему участка пути, м;

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

Если значение q_i , определенное по формуле (34), меньше или равно значению q_{max} , то время движения по участку пути (τ_i) в минуту:

$$\tau_i = \frac{l_i}{v_i} \quad (3.32)$$

при этом значения q_{max} следует принимать равными, для горизонтальных путей – 16,5 м/мин, для дверных проемов – 19,6 м/мин, для лестницы вниз – 16,0 м/мин, для лестницы вверх – 11,0 м/мин.

Если значение q_i , определенное по формуле (34), больше q_{max} то ширину δ_i данного участка пути следует увеличивать на такое значение, при котором соблюдается условие:

$$q_i \leq q_{max} \quad (3.33)$$

При невозможности выполнения условия по экономическим или техническим соображениям, интенсивность и скорость движения людского потока по участку пути i определяют по таблице 13 при значении $D=0,9$ и более. При этом должно учитываться время задержки движения людей из-за образовавшегося скопления перед границей i -го участка.

При слиянии в начале участка i двух и более людских потоков интенсивность движения q_i вычисляют по формуле:

$$q_i = \frac{\sum(q_{i-1} \cdot \delta_{i-1})}{\delta_i} \quad (3.34)$$

где q_{i-1} – интенсивность движения людских потоков, сливающихся в начале участка i , м/мин;

δ_{i-1} – ширина участков пути слияния, м;

δ_i – ширина рассматриваемого участка пути, м.

Если значение q_i , определенное по формуле (37), больше q_{max} , то ширину δ_i данного участка пути необходимо увеличить до такой величины, чтобы соблюдалось условие (36). В этом случае время движения по участку i определяется по формуле (35).

Если увеличение ширины участка невозможно, расчетное время эвакуации определяется с учетом задержки движения, возникающей перед границей i -го участка:

$$\tau_1 = \frac{l_i}{v_i} + \Delta\tau_i \quad (3.35)$$

где $v_{\text{пр}}$ – скорость движения при предельной плотности ($D \geq 0,9$), м/мин;
 $\Delta\tau_i$ – время задержки движения на -ом участке, мин.

$$\Delta\tau = N_i \cdot f \cdot \left(\frac{1}{q_i \cdot \delta_i} - \frac{1}{\sum(q_{i-1} \cdot \delta_{i-1})} \right) \quad (3.36)$$

где $q_{\text{пр}}^{\text{ДВ}} = 2,5 + 3,75 \cdot \delta_{\text{ДВ}}$, если $q_{\text{ДВ}} < 1,6$ м и $q_{\text{пр}}^{\text{ДВ}} = 8,5$, если $q_{\text{ДВ}} \geq 1,6$ м

Схема деления здания на участки приведена в Приложении Г, данные для расчетов (длина, ширина и количество людей, находившихся на каждом участке на начальный момент эвакуации), а также уже вычисленные значения (плотность людского потока, скорость, интенсивность, время эвакуации) – в Приложении В. За фактическое время эвакуации принимается наибольшее время следования людей из помещения наружу.

Время эвакуации из помещения 3.1 через главный выход:

$$t_{3.1} = t_{3.1}(0,086) + t_{3.2}(0) + t_{3.3}(0,077) + t_{3.4}(0) + t_{3.31}(0) + t_{3.1}(0,087) + \\ t_{3.32}(0,0887) + t_{3.33}(0) + t_{3.34}(0,193) + t_{3.35}(0,0253) + t_{3.36}(0,112) + \\ t_{3.37}(0,0357) + t_{3.38}(0,0813) + t_{3.39}(0,0443) + t_{3.40}(0,2051) + \\ t_{3.41}(0,0861) + t_{3.42}(0,2056) + t_{3.43}(0,8762) + t_{3.44}(0,1045) \cdot 2 = \\ 3,32 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 3.19 через главный выход:

$$t_{3.19} = t_{3.19}(0,0835) + t_{3.20}(0) + t_{3.45}(0) + t_{3.46}(0,1036) + t_{3.47}(0) + \\ t_{3.48}(0,4080) + t_{3.49}(0,1045) \cdot 2 = 2,25 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 3.21 через главный выход:

$$t_{3.21} = t_{3.31}(0,06) + t_{3.22}(0) + t_{3.45}(0) + t_{3.46}(0,1036) + t_{3.47}(0) + \\ t_{3.48}(0,4080) + t_{3.49}(0,1045) \cdot 2 = 3,00 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 3.19 через эвакуационный выход:

$$t_{3.19} = t_{3.19}(0,0835) + t_{3.20}(0) + t_{3.31}(0) + t_{3.32}(0,103) + t_{3.33}(0) + \\ t_{3.34}(0,0885) + t_{3.35}(0,205) + t_{3.36}(0,0692) + t_{3.37}(0,2051) + t_{3.38}(0,0456) + \\ t_{3.39}(0,0813) + t_{3.40}(0,0495) + t_{3.41}(0,1127) + t_{3.42}(0,0548) + t_{3.43}(0,2075) + \\ t_{3.44}(0,0762) + t_{3.45}(0,1220) + t_{3.46}(0) + t_{3.47}(0,0202) + t_{3.48}(0,0636) + \\ t_{3.49}(1,38) + t_{3.50}(0,1568) \cdot 2 = 3,28 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 3.21 через эвакуационный выход:

$$\begin{aligned}
t_{3.21} = & t_{3.21}(0,06) + t_{3.22}(0) + t_{3.31}(0) + t_{3.32}(0,103) + t_{3.33}(0) + t_{3.34}(0,0885) \\
& + t_{3.35}(0,205) + t_{3.36}(0,0692) + t_{3.37}(0,2051) + t_{3.38}(0,0456) + t_{3.39}(0,0813) + \\
& t_{3.40}(0,0495) + t_{3.41}(0,1127) + t_{3.42}(0,0548) + t_{3.43}(0,2075) + t_{3.44}(0,0762) + \\
& t_{3.45}(0,1220) + t_{3.46}(0) + t_{3.47}(0,0202) + t_{3.48}(0,0636) + t_{3.49}(1,38) + \\
& t_{3.50}(0,1568) \cdot 2 = 4,15 \text{ мин.}
\end{aligned}$$

Максимальное расчетное время эвакуации с 3-его этажа составило 4,15 мин.

Время эвакуации из помещения 2.19 через главный выход:

$$\begin{aligned}
t_{2.19} = & t_{2.19}(0,0855) + t_{2.20}(0) + t_{2.21}(0,0733) + t_{2.22}(0) + t_{2.54}(0) + \\
& t_{2.55}(0,0974) + t_{2.56}(0) + t_{2.57}(0,1220) + t_{2.58}(0,0761) + t_{2.59}(0,1150) + \\
& t_{2.60}(0) + t_{2.61}(0,0707) + t_{2.62}(0,1599) + t_{2.63}(0,1368) + t_{2.64}(0,1974) + \\
& t_{2.65}(0,1368) + t_{2.66}(0) + t_{2.67}(0,1648) = 1,43 \text{ мин.}
\end{aligned}$$

Время эвакуации из помещения 2.1 через главный выход:

$$\begin{aligned}
t_{2.1} = & t_{2.1}(0,1175) + t_{2.2}(0) + t_{2.41}(0) + t_{2.42}(0,2259) + t_{2.43}(0,0311) + \\
& t_{2.44}(0,3318) + t_{2.45}(0) + t_{2.50}(0,0710) + t_{2.51}(0) + t_{2.52}(0,784) + \\
& t_{2.53}(0,1587) = 1,72 \text{ мин.}
\end{aligned}$$

Время эвакуации из помещения 2.3 через главный выход:

$$\begin{aligned}
t_{2.3} = & t_{2.3}(0,0535) + t_{2.4}(0) + t_{2.5}(0,1135) + t_{2.6}(0) + t_{2.41}(0) + t_{2.42}(0,2259) \\
& + t_{2.43}(0,0311) + t_{2.44}(0,3318) + t_{2.45}(0) + t_{2.50}(0,0710) + t_{2.51}(0) + \\
& t_{2.52}(0,784) + t_{2.53}(0,1587) = 1,76 \text{ мин.}
\end{aligned}$$

Время эвакуации из помещения 2.7 через главный выход:

$$\begin{aligned}
t_{2.7} = & t_{2.7}(0,116) + t_{2.8}(0) + t_{2.41}(0) + t_{2.42}(0,2259) + t_{2.43}(0,0311) + \\
& t_{2.44}(0,3318) + t_{2.45}(0) + t_{2.50}(0,0710) + t_{2.51}(0) + t_{2.52}(0,784) + \\
& t_{2.53}(0,1587) = 1,71 \text{ мин.}
\end{aligned}$$

Время эвакуации из помещения 2.37 через главный выход:

$$\begin{aligned}
t_{2.37} = & t_{2.37}(0,0835) + t_{2.38}(0) + t_{2.39}(0,087) + t_{2.40}(0) + t_{2.46}(0) + \\
& t_{2.47}(0,0870) + t_{2.48}(0) + t_{2.49}(0,0158) + t_{2.51}(0) + t_{2.52}(0,784) + \\
& t_{2.53}(0,1587) = 1,22 \text{ мин.}
\end{aligned}$$

Время эвакуации из помещения 2.1 через эвакуационный выход:

$$t_{2.1} = t_{2.1}(0,1175) + t_{2.2}(0) + t_{2.41}(0) + t_{2.42}(0,2259) + t_{2.43}(0,0311) +$$

$$t_{2.44}(0,3318) + t_{2.45}(0) + t_{2.50}(0,0710) + t_{2.51}(0) + t_{2.52}(0,1959) + t_{2.53}(0,3430) + t_{2.54}(0,1368) + t_{2.55}(0,2048) + t_{2.56}(0,0458) + t_{2.57}(0) + t_{2.58}(0,1177) + t_{2.59}(0,2810) + t_{2.60}(0,0884) + t_{2.61}(0) + t_{2.62}(0,1045) + t_{2.63}(0) + t_{2.64}(0,013) + t_{2.65}(0,0648) + t_{2.66}(1,57) + t_{2.67}(0,1583) = 4,00 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 2.3 через главный выход:

$$t_{2.3} = t_{2.3}(0,0535) + t_{2.4}(0) + t_{2.5}(0,1135) + t_{2.6}(0) + t_{2.41}(0) + t_{2.42}(0,2259) + t_{2.43}(0,0311) + t_{2.44}(0,3318) + t_{2.45}(0) + t_{2.50}(0,0710) + t_{2.51}(0) + t_{2.52}(0,1959) + t_{2.53}(0,3430) + t_{2.54}(0,1368) + t_{2.55}(0,2048) + t_{2.56}(0,0458) + t_{2.57}(0) + t_{2.58}(0,1177) + t_{2.59}(0,2810) + t_{2.60}(0,0884) + t_{2.61}(0) + t_{2.62}(0,1045) + t_{2.63}(0) + t_{2.64}(0,013) + t_{2.65}(0,0648) + t_{2.66}(1,57) + t_{2.67}(0,1583) = 4,05 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 2.7 через эвакуационный выход:

$$t_{2.7} = t_{2.7}(0,116) + t_{2.8}(0) + t_{2.41}(0) + t_{2.42}(0,2259) + t_{2.43}(0,0311) + t_{2.44}(0,3318) + t_{2.45}(0) + t_{2.50}(0,0710) + t_{2.51}(0) + t_{2.52}(0,1959) + t_{2.53}(0,3430) + t_{2.54}(0,1368) + t_{2.55}(0,2048) + t_{2.56}(0,0458) + t_{2.57}(0) + t_{2.58}(0,1177) + t_{2.59}(0,2810) + t_{2.60}(0,0884) + t_{2.61}(0) + t_{2.62}(0,1045) + t_{2.63}(0) + t_{2.64}(0,013) + t_{2.65}(0,0648) + t_{2.66}(1,57) + t_{2.67}(0,1583) = 3,09 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 4.05 через эвакуационный выход:

$$t_{2.37} = t_{2.37}(0,116) + t_{2.38}(0) + t_{2.39}(0,87) + t_{2.40}(0) + t_{2.46}(0) + t_{2.47}(0,0870) + t_{2.48}(0) + t_{2.49}(0,0158) + t_{2.51}(0) + t_{2.52}(0,1959) + t_{2.53}(0,3430) + t_{2.54}(0,1368) + t_{2.55}(0,2048) + t_{2.56}(0,0458) + t_{2.57}(0) + t_{2.58}(0,1177) + t_{2.59}(0,2810) + t_{2.60}(0,0884) + t_{2.61}(0) + t_{2.62}(0,1045) + t_{2.63}(0) + t_{2.64}(0,013) + t_{2.65}(0,0648) + t_{2.66}(1,57) + t_{2.67}(0,1583) = 3,59 \text{ мин.}$$

Максимальное расчетное время эвакуации с 2-ого этажа составило 4,05 мин.

Время эвакуации из помещения 1.33 через главный выход:

$$t_{1.33} = t_{1.33}(0,0895) + t_{1.34}(0) + t_{1.35}(0,1792) + t_{1.36}(0,8652) + t_{1.49}(0,1370) + t_{1.50}(0) + t_{1.52}(0,0322) + t_{1.53}(0) + t_{1.54}(0,0769) + t_{1.55}(0) + t_{1.71}(0,1005) + t_{1.72}(1,129) + t_{1.75}(0,0763) = 2,68 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 1.41 через главный выход:

$$t_{1.41} = t_{1.41}(0,0472) + t_{1.42}(0) + t_{1.45}(0,0580) + t_{1.46}(0) + t_{1.47}(0,2400) + t_{1.48}(0) + t_{1.51}(0,0619) + t_{1.53}(0) + t_{1.54}(0,0769) + t_{1.55}(0) + t_{1.71}(0,1005) + t_{1.72}(1,129) + t_{1.75}(0,0763) = 1,78 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 1.9 через главный выход:

$$t_{1.9} = t_{1.9}(0,0833) + t_{1.10}(0) + t_{1.11}(0,1205) + t_{1.12}(0) + t_{1.56}(0,0568) + t_{1.57}(0) + t_{1.58}(0,0833) + t_{1.59}(0) + t_{1.60}(0,0477) + t_{1.61}(0,0514) + t_{1.62}(0,0490) + t_{1.63}(0) + t_{1.64}(0,1276) + t_{1.65}(0,0729) + t_{1.66}(0,1509) + t_{1.67}(0,0841) + t_{1.68}(0,1489) + t_{1.73}(0,4928) + t_{1.74}(0,0763) = 1,64 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 1.23 через главный выход:

$$t_{1.23} = t_{1.23}(0,1210) + t_{1.24}(0) + t_{1.25}(0,0590) + t_{1.26}(0) + t_{1.27}(0,1180) + t_{1.28}(0) + t_{1.69}(0) + t_{1.70}(0,0348) + t_{1.71}(0,1005) + t_{1.72}(1,129) + t_{1.75}(0,0763) = 1,63 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 1.9 через выход, который выходит на памятник:

$$t_{1.9} = t_{1.9}(0,0833) + t_{1.10}(0) + t_{1.11}(0,1205) + t_{1.12}(0) + t_{1.56}(0,0568) + t_{1.57}(0) + t_{1.58}(0,0833) + t_{1.59}(0) + t_{1.60}(0,0477) + t_{1.61}(0,0514) + t_{1.62}(0,0490) + t_{1.63}(0) + t_{1.64}(0,1276) + t_{1.65}(0,0729) + t_{1.66}(0,1509) + t_{1.67}(0,0841) + t_{1.68}(0,1489) + t_{1.70}(0) + t_{1.73}(0,1706) + t_{1.74}(0) + t_{1.75}(0,4129) = 1,65 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 1.23 через выход, который выходит на памятник:

$$t_{1.23} = t_{1.23}(0,1210) + t_{1.24}(0) + t_{1.25}(0,0590) + t_{1.26}(0) + t_{1.27}(0,1180) + t_{1.28}(0) + t_{1.69}(0) + t_{1.70}(0) + t_{1.73}(0,1706) + t_{1.74}(0) + t_{1.75}(0,4129) = 0,88 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 1.33 через выход, который выходит на памятник:

$$t_{1.33} = t_{1.33}(0,0895) + t_{1.34}(0) + t_{1.35}(0,1792) + t_{1.36}(0,8652) + t_{1.49}(0,1370) + t_{1.50}(0) + t_{1.52}(0,0322) + t_{1.53}(0) + t_{1.54}(0,0769) + t_{1.55}(0) + t_{1.71}(0,0625) + t_{1.72}(0,0600) + t_{1.74}(0) + t_{1.75}(0,4129) = 1,91 \text{ мин.}$$

Время эвакуации из помещения 1.41 через выход, который выходит на памятник:

$$t_{1.41} = t_{1.41}(0,0472) + t_{1.42}(0) + t_{1.45}(0,0580) + t_{1.46}(0) + t_{1.47}(0,2400) + t_{1.48}(0) + t_{1.51}(0,0619) + t_{1.53}(0) + t_{1.54}(0,0769) + t_{1.55}(0) + t_{1.71}(0,0625) + t_{1.72}(0,0600) + t_{1.74}(0) + t_{1.75}(0,4129) = 1,02\text{мин.}$$

Максимальное расчетное время эвакуации с 1-ого этажа составило 2,68 мин.

3.4 Вывод по главе 3

В ходе проектирования СПС и СОУЭ был определен тип систем, проведен и обоснован выбор оборудования, произведены расчеты уровня звукового давления и емкости аккумуляторной батареи.

Произведен расчет и подобрано оборудование для организации аварийного освещения.

Определено расчетное время эвакуации, для этого объекта составляет 3,28 мин с первого этажа, 4,05 минут со второго этажа и 4,15 мин с третьего. То есть максимальное время составляет 4,15 минут.

4.1 Оценка прямого ущерба

Рассмотрим величину прямого и косвенного ущерба, а также расходы на его ликвидацию и восстановление помещения при моделировании ситуации – возникновении пожара в школьной столовой в результате короткого замыкания неисправной электропроводки.

Оценка прямого ущерба представляет собой сумму ущерба, который наносится основным образовательным фондам (ОФ) и оборотным средствам (ОС).

Прямой ущерб будет определяться ($U_{\text{пр.}}$):

- потерями учреждения в результате уничтожения основных фондов (зданий, сооружений, оборудования) ($\Pi_{\text{О.Ф.У.}}$);
- потерями учреждения в результате уничтожения товарно-материальных ценностей (продукция, сырье) ($\Pi_{\text{Т.М.Ц.}}$);
- потерями учреждения в результате повреждения при аварии основных производственных фондов ($\Pi_{\text{О.Ф.П.}}$).

Основные фонды производственных учреждений – складывается из материальных и вещественных ценностей производственного и непромышленного назначения, необходимых для выполнения производственными предприятиями своих функций, в нашем случае это производственное, технологическое оборудование, коммунально-энергетические сети и производственное помещение, где произошел пожар [33,34].

Ущерб основных производственных фондов находим по формуле:

$$C_{\text{опф}} = C_{\text{то}} + C_{\text{кэс}} + C_{\text{з}} \quad (4.1)$$

$$C_{\text{опф}} = 0 + 196,02 + 9801 = 9997,02 \text{ руб.}$$

Ущерб, нанесенный технологическому оборудованию находим по

формуле:

$$C_{\text{ТО}} = \sum G_{\text{ТО}} \cdot C_{\text{ТО}} \quad (4.2)$$

Определение относительной стоимости при пожарах, рассчитывается как отношение площади пожара к общей площади помещения объекта, т. е.:

$$G_{\text{ТО}} = \frac{F_n}{F_0} \quad (4.3)$$

где F_n – площадь пожара, м²;

F_0 – площадь объекта, м².

$$G_{\text{ТО}} = \frac{44,1}{1337,2} = 0,033$$

$$C_{\text{ТО.ост}} = n_{\text{ТО}} \cdot C_{\text{ТО.в}} = \left(1 - \frac{N_{\text{а.то}} \cdot T_{\text{то.ф}}}{100}\right) \quad (4.4)$$

где $C_{\text{ТО.ост}}$ – остаточная стоимость технологического оборудования, руб.;

$n_{\text{ТО}}$ – количество технологического оборудования, ед.;

$C_{\text{то.б}}$ – балансовая стоимость технологического оборудования руб.;

$N_{\text{а.то}}$ – норма амортизации технологического оборудования, %;

$T_{\text{то.ф}}$ – фактический срок эксплуатации оборудования, год.

$$N_{\text{а.то}} = \frac{1}{T_{\text{то.ф}}} \quad (4.5)$$

Ущерб, нанесенный коммунально-энергетическим сетям (КЭС) находим по формуле:

$$C_{\text{КЭС}} = \sum G_{\text{КЭС}} \cdot C_{\text{КЭС.ост}} \quad (4.6)$$

$$C_{\text{КЭС}} = 0,033 \cdot 5940 = 196,02$$

Относительная величина ущерба при пожарах определяется, путем соотнесения площади пожара к общей площади помещения объекта, т. е.:

$$G_{\text{КЭС}} = \frac{F_n}{F_0} \quad (4.7)$$

где F_n – площадь пожара, м²;

F_0 – площадь объекта, м².

$$G_{\text{КЭС}} = \frac{44,1}{1337,2} = 0,033$$

$$C_{\text{кэс.ост}} = 2 \cdot 3000 \cdot \left(1 - \frac{0,125 \cdot 8}{100}\right) = 5940 \text{ руб.}$$

где $C_{\text{кэс.ост}}$ – остаточная стоимость коммунально-энергетических сетей, руб.;

$n_{\text{щ}}$ – количество эл. щитков подлежащих замене, ед;

$H_{\text{а.кэс}}$ – норма амортизации коммунально-энергетических сетей, %;

$T_{\text{кэс.ф.}}$ $T_{\text{кэс.ф}}$ – фактический срок эксплуатации коммунально-энергетических сетей, год.

$$H_{\text{а.кэс}} = \frac{1}{T_{\text{кэс.ф}}} \cdot 100 \quad (4.8)$$

$$H_{\text{а.кэс}} = \frac{1}{8} \cdot 100 = 12,5\%.$$

Оборотные средства включают в себя товары, предназначенные для реализации:

$$C_{\text{ос}} = 50000 \text{ руб}$$

где $C_{\text{ос}}$ $C_{\text{ос}}$ – стоимость пострадавших оборотных средств.

Ущерб, нанесенный служебному помещению находится по форму

$$C_{\text{з.ост}} = C_{\text{з.б}} \cdot \left(1 - \frac{H_{\text{а.з}} \cdot T_{\text{з.ф}}}{100}\right) \quad (4.9)$$

где $C_{\text{з.б}}$ – балансовая стоимость служебного помещения в здании, руб.

$$C_{\text{з.ост}} = 300000 \cdot \left(1 - \frac{0,125 \cdot 8}{100}\right) = 297000 \text{ руб.}$$

$$H_{\text{а.з}} = \frac{1}{T_{\text{з.ф}}} \cdot 100 \quad (4.10)$$

$$H_{\text{а.з}} = \frac{1}{8} \cdot 100 = 12,5\%.$$

Относительная величина ущерба, причиненного служебному помещению:

$$G_3 = \frac{F_n}{F_o} \quad (4.11)$$

где F_n F_n – площадь пожара;

F_o F_o – площадь объекта, м².

$$G_3 = \frac{44,1}{1337,2} = 0,033$$

4.2 Оценка косвенного ущерба

4.2.1 Затраты на ликвидацию пожара

Оценка косвенного ущерба представляет собой сумму средств необходимых для ликвидации пожара и затраты, связанные с восстановлением учреждения для дальнейшего его функционирования. Сумму косвенного ущерба находим по формуле:

$$Y_{\text{к}} = C_{\text{ла}} + C_{\text{в}} \quad (4.12)$$

где $C_{\text{ла}}$ $C_{\text{ла}}$ – средства, необходимые для ликвидации ЧС, руб.;

$C_{\text{в}}$ $C_{\text{в}}$ – затраты, связанные с восстановлением помещения, руб.

$$Y_{\text{к}} = 302930692 + 89300 = 392230,92 \text{ руб.}$$

Средства, необходимые для ликвидации ЧС, зависят от ее характера и масштабов, определяющих объемы спасательных и других неотложных работ.

Основными видами работ, выполняемыми при ликвидации ЧС и определяющими затраты – является тушение пожара. Средства на ликвидацию аварии (пожара) определяем по формуле:

$$C_{\text{ла}} = C_{\text{о.с}} + C_{\text{и.о}} + C_{\text{т}} \quad (4.13)$$

где $C_{\text{о.с}}$ $C_{\text{о.с}}$ – расход на огнетушащие средства, руб.;

$C_{\text{т}}$ $C_{\text{т}}$ – расходы на топливо (горюче-смазочные материалы) для пожарной техники, руб.;

$C_{\text{и.о}}$ – расходы связанные с износом пожарной техники и пожарного оборудования, руб.

$$C_{\text{ла}} = 185220 + 115450 + 2260,92 = 302930,92 \text{ руб.}$$

Расход на огнетушащие средства находим по формуле:

$$C_{\text{о.с}} = S_{\text{т}} \cdot L_{\text{тп}} \cdot Ц_{\text{о.с}} \cdot t \quad (4.14)$$

где t – время тушения пожара, 10 мин. = 600 сек;

$Ц_{\text{о.с}}$ $Ц_{\text{о.с}}$ – цена огнетушащего средства – (пенообразователь + вода), 35руб./л;

$L_{тр}L_{тр}$ – интенсивность подачи огнетушащего средства (табличная величина принимается исходя из характеристики горючего материала), 0,2 л/(с×м²);

S_T – площадь тушения, 44,1 м².

$$C_{о.с} = 44,1 \cdot 0,2 \cdot 35 \cdot 600$$

Пожар за 5 мин распространяется по угловой форме, следовательно площадь тушения пожара определяем по формуле:

$$S_m = 3,14 \cdot \frac{R^2}{4} \quad (4.15)$$

где R – путь пройденный фронтом пламени за время свободного развития пожара (более 5 мин), следовательно:

$$S_m = 3,14 \cdot \frac{7,5^2}{4} = 44,1 \text{ м}^2.$$

$$R_n = 0,5 \cdot V_l \cdot 5 + V_l \cdot (T_{св} - 5) \quad (4.16)$$

где V_l – линейная скорость распространения пожара, принимаем 1,5 м/мин.

$$R_n = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 5 + 1,5 \cdot (7,5 - 5) = 7,5 \text{ м}$$

Время свободного развития пожара определяем по формуле:

$$T_{с.в} = T_{д.с} + T_{сб1} + T_{сл} + T_{бр1} \quad (4.17)$$

где $T_{д.с}$ $T_{д.с}$ – время сообщения диспетчеру о пожаре (для объектов, имеющих АУПС, принимается равным 3 мин);

$T_{сл}$ $T_{сл}$ – время, сбора личного состава, 1 мин;

$T_{сб1}$ $T_{сб1}$ – время следования первого подразделения от пожарной части (ПЧ) до места вызова, берется из расписания выездов пожарных, 1 мин.;

$T_{бр1}$ $T_{бр1}$ – время, затраченное на проведение боевого развертывания (в пределах 5 минут).

$$T_{с.в} = 3 + 1 + 1,5 + 2 = 7,5 \text{ мин.}$$

$$T_{сл} = \frac{60 \cdot L}{V_{сл}} \quad (4.18)$$

где L – длина пути следования подразделения от пожарного депо до места пожара, км.

$V_{сл}$ – средняя скорость движения пожарных автомобилей, 40 км/ч.

$$T_{\text{сл}} = \frac{60 \cdot 0,9}{40} = 1,5 \text{ мин.}$$

$$n = n_{\text{э}} \cdot n_{\text{пм}} \quad (4.19)$$

где n – число пожарных, участвующих в тушении пожара, чел.;

$n_{\text{э}}$ – численность экипажа пожарной машины, чел.;

$n_{\text{пм}}$ – количество пожарных машин, необходимых для тушения, ед.

$$n = 3 \cdot 1 = 3 \text{ чел.}$$

4.2.2 Расходы, связанные с износом пожарной техники и пожарного оборудования

Расходы, связанные с износом пожарной техники и пожарного оборудования, определяем по формуле [32]:

$$C_{\text{и.о}} = (K_{\text{ап}} \cdot C_{\text{об}} \cdot T_{\text{ап}}) + (K_{\text{ср}} \cdot C_{\text{об}} + N_{\text{ср}}) + (K_{\text{пр}} + C_{\text{об}} \cdot N_{\text{пр}}) \quad (4.20)$$

где N – число единиц оборудования, шт.;

$N_{\text{АП}}$ – число единиц пожарного автомобиля, 1 ед.;

$N_{\text{СР}}$ – число единиц ручных стволов, 1 шт.;

$N_{\text{ПР}}$ – число единиц пожарных рукавов, 3 шт.;

$C_{\text{об}}$ – стоимость единицы оборудования, руб./шт.;

$K_{\text{АП}}$ – норма амортизации пожарного автомобиля;

$K_{\text{СР}}$ – норма амортизации ручного ствола;

$K_{\text{ПР}}$ – норма амортизации пожарных рукавов.

$$C_{\text{и.о}} = (0,03 \cdot 3800000 \cdot 1) + (0,05 \cdot 2000 \cdot 1) + (0,09 \cdot 1500 \cdot 10) = 115450 \text{ руб}$$

4.2.3 Расходы на топливо для пожарной техники

Расходы на топливо (горюче-смазочные материалы) для пожарной техники находим по формуле:

$$C_m = P_m \cdot C_m \cdot L = P_m \cdot C_m \cdot \left(60 \cdot \frac{L}{V_{\text{сл}}}\right) \quad (4.21)$$

где $C_{\text{т}}$ – цена за литр топлива, 45,40 руб/л;

P_T – расход топлива, 0,0415л/мин;

L – весь путь, 900 м.

$$C_m = 0,0415 \cdot 45,40 \cdot \left(60 \cdot \frac{900}{45}\right) = 2260,92 \text{ руб}$$

4.2.4 Затраты на восстановление здания

Т.к. при пожаре закоптится декоративное покрытие стен и бетонный пол на общей площади 44,1 м², пострадают электрощиты в количестве 2 шт., а 40 м электропровода подлежит замене, следовательно [34]:

$$C_B = C_{B/\text{э}} + C_{B/\text{щ}} + C_{B/\text{п}} \quad (4.22)$$

где $C_{B/\text{э}}$ – затраты, связанные с монтажом электропроводки;

$C_{B/\text{щ}}$ – затраты, связанные с монтажом электрощитов;

$C_{B/\text{п}}$ – затраты, по замене кафельной плитки.

$$C_B = 4300 + 9000 + 76000 = 89300 \text{ руб.}$$

4.2.5 Затраты на монтаж электропроводки и электрощитов

Затраты, связанные с монтажом электропроводки находим по формуле:

$$C_{B/\text{э}} = (C_э \cdot V_э) + (V_э \cdot R_э) \quad (4.23)$$

где $C_э$ – стоимость электропроводки, 57,50 руб./м;

$R_э$ – расценка за выполнение работ по замене электрической проводки, 50 руб./м;

$V_э$ – необходимый объем работ по замене электропроводки, 40 м.

$$C_{B/\text{э}} = (57,40 \cdot 40) + (40 \cdot 50) = 4300 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные с монтажом электрощитов находим по формуле:

$$C_{B/\text{щ}} = (C_{щ} \cdot V_{щ}) + (V_{щ} \cdot R_{щ}) \quad (4.24)$$

где $C_{щ}$ – стоимость одного электрощита, 3000 руб/шт;

$R_{щ}$ – цена работ по замене электрощита, 1500 руб/шт.;

$V_{щ}$ – количество электрощитов, подлежащих замене, 2 шт.

$$C_{в/щ} = (3000 \cdot 2) + (2 \cdot 1500) = 9000 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные с заменой декоративного покрытия находим по формуле:

$$C_{в/п} = (C_{п} \cdot V_{п}) + (V_{п} \cdot R_{п}) \quad (4.25)$$

где $C_{п}$ $C_{п}$ – стоимость материальных ресурсов, необходимых для проведения работ, 1400 руб/м²;

$R_{п}$ $R_{п}$ – расценка по замене 1 м² декоративного покрытия, 500 руб /м²;

$V_{п}$ – объем работ по замене декоративного покрытия, 40 м².

$$C_{в/п} = (1400 \cdot 40) + (40 \cdot 500) = 76000 \text{ руб.}$$

Полный ущерб, состоящий из прямого и косвенного ущербов рассчитывается по формуле:

$$П_{у} = У_{пр} + У_{к} \quad (4.26)$$

$$П_{у} = 59997,02 + 392230,92 = 452227,94 \text{ руб.}$$

Оценка прямого ущерба представляет собой сумму ущерба, который наносится основным производственным фондам и оборотным средствам:

$$П_{у} = У_{пр} + У_{к} \quad (4.27)$$

$$П_{у} = 9997,02 + 50000 = 59997,02 \text{ руб.}$$

Основные расчеты по разделу представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Итоговая таблица значений

Наименование	Стоимость, руб.
Полный ущерб	452227,94
Оценка прямого ущерба	59997,02
Оценка косвенного ущерба	392230,92
Средства, необходимые для ликвидации ЧС	302930,92
Затраты, связанные с восстановлением произв. помещения	89300

4.3 Выводы по главе 4

В ходе проделанной работы был рассчитан прямой (59997,02 руб.) и косвенный (392230,92 руб.) ущерб от возможного пожара в столовой школы.

Общая сумма ущерба составила 452227,94 руб.

На основе полученного результата можно сделать вывод, что пожары независимо от места и тяжести возгорания наносят значительные материальные убытки. Из расчетов видно, что в результате пожара потребуются значительные материальные затраты на ликвидацию последствий и восстановительные работы.

Для повышения эффективности противопожарной защиты исследуемого помещения, администрации ООШ предлагается проектное решение: замена аварийного освещения и обработка деревянных стропил антиперенами.

5 Социальная ответственность

5.1 Описание рабочего места педагогического состава школы (учительская)

Основным рабочим местом педагогического состава является учительская. Параметры помещения – длина – 8,7 м; ширина – 5,9 м; высота – 3 м; площадь – 51,33 м².

В помещении имеется естественная вентиляция, осуществляемая при помощи форточек. Отопление осуществляется посредством системы центрального водяного отопления. Ежедневно в помещении проводится влажная уборка (моется пол, протирается оборудование)[36].

Результаты специальной оценки условий труда на рабочем месте в учительской школы представлены в табл. 13 (эффективность СИЗ не оценивалась, класс (подкласс) условий труда при эффективном использовании СИЗ не определялся) [35,38].

Таблица 13 – Оценка условий труда по вредным (опасным) факторам

Наименование факторов производственной среды и трудового процесса	Класс (подкласс) условий труда
Параметры микроклимата	2
Параметры световой среды	2
Тяжесть трудового процесса	1
Напряжённость трудового процесса	1
Итоговый класс (подкласс) условий труда	2

В соответствии с Федеральным законом от 28.12.2013 г. N 426-ФЗ «О специальной оценке условий труда» [36] допустимыми условиями труда (2 класс) являются условия труда, при которых на работника воздействуют вредные и (или) опасные производственные факторы, уровни воздействия которых не превышают уровни, установленные нормативами. Тем не менее, при изменении показателей можно отметить, что вредными факторами на

рабочем месте в учительской школы могут стать повышенный уровень электромагнитного излучения; ненормативные параметры микроклимата; недостаточная освещенность. В качестве возможных опасных факторов можно выделить опасность поражения электрическим током; пожарную опасность [38].

Фактический анализ условий труда оценивался в 2020 году в данном помещении и в соответствии с требованиями [36] представлен в таблице 14.

Таблица 14 – Фактическое состояние условий труда в учительской

Код фактора	Наименование производственного фактора, единица измерения	Допустимый уровень фактора	Фактический уровень фактора
4.50	Шум, дБА	не оценивается	не оценивался
4.62	Температура, °С	18-24	23
4.64	Влажность, %	40-60	55
4.63	Скорость движения воздуха, м\с	0,1	0,1
4.68	Освещенность, лк	300-500	270
4.67	КЕО (коэффициент естественного освещения), %	1,5	1,5

Из таблицы видно, что все показатели находятся в пределах нормы, кроме освещенности. Требуемая минимальная освещенность согласно СП 2.4.3648-20 [37] составляет 300 лк. Следовательно, в учительской наблюдается недостаточная освещенность.

5.2 Анализ выявленных вредных факторов

5.2.1 Искусственное освещение

Так как в кабинете недостаточное искусственное освещение, произведем его расчет по методу коэффициента использования светового потока [39]. Для расчета используем следующие данные:

- длина помещения $A=8,7$ м;
- ширина $B=5,9$ м;
- высота помещения $H=0,8$ м.

- В кабинете установлены светильники ЛВО 4×18-CSVT. Длина 0,595 м, ширина 0,595 м, высота 0,08 м. Степень отражения потолка $\rho_{\text{пот}} = 70\%$, стен $\rho_{\text{стен}} = 50\%$, пола $\rho_{\text{пола}} = 10\%$.

Расстояние между светильниками:

$$L = \lambda \cdot h \quad (5.1)$$

где h – высота подвеса светильника;

λ – оптимальное расстояние между светильниками, м.

$$h = H - h_c - h_p \quad (5.2)$$

где H – высота помещения, м;

h_c – расстояние от светильника до перекрытия – свес (толщина светильника), м;

h_p – высота расчетной поверхности над полом, м.

$$h = 3 - 0,08 - 0,8 = 2,12 \text{ м.}$$

Тогда расстояние между светильниками равно:

$$L = 1,1 \cdot 2,12 = 2,33 \text{ м.}$$

Определим количество рядов:

$$N_b = \frac{B}{L} = \frac{5,9}{2,33} = 2,53 = 3 \text{ шт} \quad (5.3)$$

Количество светильников в ряду:

$$N_a = \frac{A}{L} = \frac{8,7}{2,33} = 3,7 = 4 \text{ шт} \quad (5.4)$$

Далее найдем необходимое количество светильников:

$$N = N_b \cdot N_a = 3 \cdot 4 = 12 \text{ шт} \quad (5.5)$$

В каждом светильнике размещено по четыре люминесцентные лампы по 18 Вт. Необходимое количество ламп: $12 \cdot 4 = 48$ шт.

Определяем индекс помещения:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{8,7 \cdot 5,9}{2,12 \cdot (8,7 + 5,9)} = 1,66 \quad (5.6)$$

где A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

h – расчетная высота, м.

Коэффициент запаса для люминесцентных ламп в помещениях общественных зданий равен $K_3=1,5$, а коэффициент минимальной освещенности – $z=1,1$.

Далее по таблице 8.1 [27] определяем методом линейной интерполяции коэффициент использования светового потока осветительной установки (η):

$$\eta = 63 - (63 - 56) \cdot \frac{2-1,66}{2-1,25} = 59,83 \%$$

Вычисляем световой поток одной лампы:

$$F = \frac{E \cdot K_3 \cdot A \cdot B \cdot z}{n \cdot N \cdot \eta} \quad (5.7)$$

где E – необходимая минимальная освещенность, лк;

K_3 – коэффициент запаса;

A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

z – коэффициент минимальной освещенности;

n – число ламп в светильнике;

N – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока светильников.

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 8,7 \cdot 5,9 \cdot 1,1}{12 \cdot 4 \cdot 0,5983} = 884,74 \text{ лм}$$

Выбираем лампу ЛБ18 со световым потоком 1060 лм. Произведем проверку на выполнения условия:

$$-10\% \leq \frac{F_{ст} - F_p}{F_{ст}} \cdot 100\% \leq +20\% \quad (5.8)$$

где $F_{ст}$ – световой поток лампы ЛБ18, лм;

F_p – расчетный световой поток, лм.

$$-10\% \leq +16\% \leq +20\%$$

Находим расстояние от крайних светильников до стены:

$$l = 0,3 - 0,5 \cdot L \quad (5.9)$$

где L_a (по длине помещения) = 1,58 м, L_a – тогда м.

L_b (по ширине помещения) = 1,37 м, тогда м.

Схема изображения светильников изображена на рисунке 5.

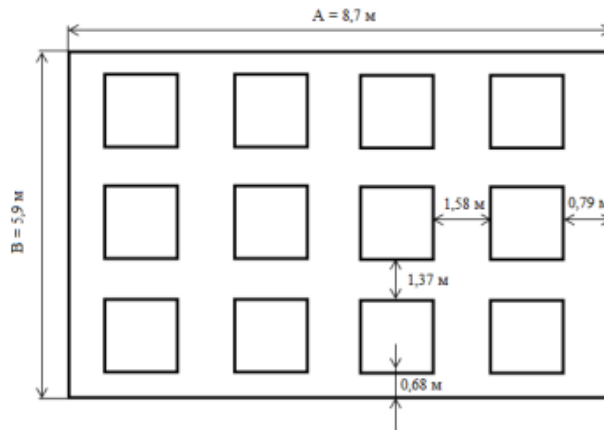


Рисунок 5 – Схема расположения светильников

Таким образом, для того, чтобы обеспечить нормированную освещенность, в кабинете учительской необходимо установить 12 светильников ЛВО 4×18-CSVT с люминесцентными лампами ЛБ18 мощностью по 18 Вт в каждом. Располагаются по 4 светильника в три ряда.

5.2.2 Микроклимат

Микроклиматом помещений является состояние внутренней среды здания или помещения, оказывающее как положительное, так и отрицательное воздействие на человека, которое характеризуется показателями температуры, подвижности и влажности воздуха [40,41]. Для поддержания температуры в помещении предусмотрена водяная система отопления и естественная вентиляция, которая осуществляется с помощью открывания дверных проемов и форточек [42].

Таблица 15 – Фактические значения температуры воздуха по результатам СОУТ

Параметры	Учительская	
Температура воздуха в кабинете, °С	18-24	23

Температурный режим находится в пределах нормы определенной СП 2.4.3648-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи» [37].

5.2.3 Электромагнитное излучение

Основными источниками ЭМП в условиях рассматриваемого помещения являются персональный компьютер, стационарный телефон, принтер, мобильный телефон, Wi-Fi-роутер и электрическая проводка. Длительное воздействие ЭМП приводит к расстройствам: головная боль, вялость, нарушения сна, снижение памяти, повышенная раздражительность, апатия, боли в области сердца. Допустимые уровни ЭМП, создаваемые ПЭВМ на рабочих местах, регламентированы ГОСТ Р 50949-2001 [46]. Нормирование ЭМП осуществляют по предельно допустимым уровням напряжённости магнитного и электрического полей в зависимости от времени пребывания в нём.

Учитывая результаты специальной оценки условий труда, считаем, что для повышения комфортности работы за компьютером и во избежание специфической нагрузки на органы зрения необходимо:

- правильно организовать рабочее место: располагать экран боком к окну на расстоянии 60–70 см до работника, на уровне глаз;
- устраивать перерывы каждые 30–45 мин для выполнения гимнастики для глаз.

5.3 Анализ выявленных опасных факторов

5.3.1 Опасность поражения электрическим током

На рассматриваемом рабочем месте используются следующие электроприборы: компьютер и принтер. Напряжение электросетей 220 В. Источники постоянного тока на рабочем месте отсутствуют. Согласно ГОСТ 12.1.019-2017 безопасность работников от поражения электрическим током обеспечивается организационно-техническими мероприятиями, конструктивными особенностями приборов, техническими способами и

средствами защиты [45,47].

К организационно-техническим мероприятиям относятся своевременное профилактическое обслуживание (один раз в месяц согласно утверждённому плану) и ремонт электроприборов (по необходимости), проводимые специализированной организацией, имеющей лицензию на данный вид деятельности. С целью защиты от поражения электрическим током на рабочем месте используемое электрооборудование заземлено согласно ПУЭ [41], в помещении использовано непроводящее половое покрытие. Проводятся инструктажи по электробезопасности согласно локальному приказу.

5.3.2 Пожароопасность

Возгорание на рассматриваемом объекте может возникнуть вследствие нарушения правил техники безопасности, целостности электрической проводки, поломки электроприборов. Учитывая пожарную нагрузку, в помещении возможны классы пожара А (горение твёрдых веществ, сопровождающееся тлением) и Е (горение электрооборудования, находящегося под напряжением). С целью уменьшения риска возникновения пожара на объекте разработан ряд мероприятий. К организационным мероприятиям относятся: проведение инструктажей, издание приказов по вопросам усиления пожарной безопасности. К эксплуатационным мероприятиям относятся профилактические ремонты, осмотры и испытания оборудования и устройств, в том числе систем безопасности. К техническим мероприятиям относятся: соблюдение противопожарных норм при устройстве и установке систем безопасности, подвода электропроводки, защитного заземления. К режимным мероприятиям относится запрещение курения в неустановленных местах.

Для уменьшения риска возникновения пожара состояние электропроводки проверяется один раз в полгода согласно локальному приказу в соответствии с установленным графиком. Имеется инструкция о порядке действий на случай возникновения пожара в дневное и ночное время, телефон,

электрический фонарь, средство индивидуальной защиты органов дыхания и зрения человека от токсичных продуктов горения (газодымозащитный противогаз «Шанс» с временем защиты от продуктов горения не менее 60 мин). В помещении имеется один порошковый огнетушитель марки ОП-3(з) (производитель – ООО «Ярпожинвест», г. Ярославль). Огнетушитель промаркирован, на него заведен паспорт, заведен журнал учета наличия, проверки и состояния первичных средств пожаротушения.

5.4 Охрана окружающей среды

На рабочем месте учителя образуется небольшое количество твёрдых бытовых отходов разных видов – пищевые, пластик, бумага, текстиль и др. Отходы принадлежат к IV–V классам опасности согласно Федеральному закону «Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 г. N 89-ФЗ (с изменениями на 7 апреля 2020 года) [5].

Отходы накапливаются в контейнере и вывозятся на спецмашинах для захоронения на полигоне твёрдых бытовых отходов согласно договору с компанией «Чистый город». Школа присоединена к централизованной системе канализации, куда сливаются образующиеся жидкие бытовые отходы.

5.5 Защита в чрезвычайных ситуациях

К потенциальным чрезвычайным ситуациям (ЧС) природного характера, возможным в Мариинском районе Кемеровской области, относятся: ураганы, наводнения.

ГУ МЧС России по Кемеровской области–Кузбассу своевременно информирует объекты о ЧС. На анализируемом объекте разработан план мероприятий по обеспечению безопасности сотрудников в условиях ЧС.

Кроме того, на рассматриваемом объекте могут возникнуть ЧС техногенного характера (внезапное обрушение здания, аварии на

коммунальных системах снабжения). С целью защиты работников школы созданы нештатные аварийно-спасательные формирования в соответствии с федеральными законами РФ N 68 «О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера» [48], N 28 «О гражданской обороне» [49] и постановлением правительства РФ N 804 от 26.11.2007 «Положения о гражданской обороне в Российской Федерации» [50].

Для реализации мер по предотвращению обрушения здания создана комиссия, которая с периодичностью раз в полгода проводит осмотр здания и выносит предписания по необходимым мерам, а также следит за их выполнением.

5.6 Выводы по главе 5

Результаты проведенного анализа вредных и опасных производственных факторов свидетельствуют, что они в целом соответствуют нормативам. Согласно результатам специальной оценки условий труда, на рабочем месте учителей (учительская МКОУ «Малопесчанская ООШ») установлен 2 класс условий труда. Рекомендовано: контроль правильной организации рабочего места, выполнение гимнастики для глаз; модернизация системы освещения за счет использования 12 светильников ЛВО 4×18-CSVT с люминесцентными лампами ЛБ18. На объекте установлена автоматическая пожарная сигнализация, объект обеспечен первичными средствами пожаротушения согласно нормам. Анализируемый объект не оказывает значительного вредного воздействия на окружающую среду.

Заключение

Результаты выполненной работы показали, что посредством выполнения поставленных задач удалось достичь цели. Анализ статистических данных причин возникновения пожаров в образовательных учреждениях выявил, что пожары в основном происходят по причине нарушения правил эксплуатации электрооборудования. Был проведён обзор литературы и источников по пожарной безопасности в образовательных учреждениях.

Изучена система пожарной безопасности объекта защиты. Анализ показал необходимость совершенствования противопожарной защиты. Для обоснования проектного решения выполнены расчёты времени эвакуации из здания согласно сценарию с наихудшими условиями при пожаре.

Проект повышения пожарной безопасности МКОУ «Малопесчанская ООШ» основан на включении в существующую систему противопожарной защиты современных систем автоматической пожарной сигнализации и оповещения и управления эвакуацией, отвечающих требованиям действующей нормативной документации. В качестве обоснования выбора приборов оповещения выполнен расчёт уровня звукового давления. Проведен расчет емкости аккумуляторной батареи, определен ее тип. Сделан расчёт аварийного освещения. Проведены расчеты предела огнестойкости деревянных стропил до и после обработки антипиренами. Рассчитано время эвакуации с каждого этажа образовательного учреждения.

Произведена оценка прямого и косвенного ущерба при пожаре в МКОУ «Малопесчанская ООШ», рассчитаны затраты на ликвидацию пожара и восстановление объекта.

Проанализированы вредные и опасные производственные факторы на рабочем месте учителя, рассмотрены вопросы охраны окружающей среды, защиты в чрезвычайных ситуациях.

Список использованных источников

1. Конституция Российской Федерации. – Текст : электронный // [ogin.consultant.ru](https://login.consultant.ru/link) [сайт] – URL: <https://login.consultant.ru/link> (дата обращения: 05.01.2022). – Режим доступа: свободный.
2. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: Статистический сборник / Под общей редакцией Д.М. Гордиенко – М.: ВНИИПО, 2021, – 80 с
3. Российская Федерация. Законы. О пожарной безопасности: Федеральный закон № 69-ФЗ: [принят Государственной думой 21 декабря 1994]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/ (дата обращения: 10.12.2021). – Режим доступа: свободный.
4. Холщевников В.В., Самошин Д.А. Эвакуация и поведение людей при пожарах/ В.В. Холщевников – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009, –212с
5. Кулагина И.Ю. Возрастная психология: развитие ребенка от рождения до 17 лет/ И.Ю. Кулагина – М.: Академия 2020г
6. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон № 123-ФЗ: [принят Государственной думой 04 июля 2008]. – Российская газета. – 2019. – № 2.
7. Свод правил «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы»: [СП 1.13130.2020]: утверждён Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии от 31 июля 2020 г. N 582: введен в действие 2020-09-19– Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248961> (дата обращения: 10.12.2021). – Режим доступа: свободный.
8. Свод правил «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты»: [СП 2.13130.2020]: утверждён приказом Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) от 12 марта 2020 г. N 151: введен в действие Дата введения 2020-

09-12– Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/565248963> (дата обращения: 10.12.2021). – Режим доступа: свободный.

9. Российская Федерация. Приказ. Об утверждении Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902167776?marker=6500IL/> (дата обращения: 15.12.2021). – Режим доступа: свободный.

10. Российская Федерация. Законы. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон № 123-ФЗ : [принят Государственной думой 04 июля 2008]. – Российская газета. – 2019. – № 2.

11. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». – Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/603700806> (дата обращения: 25.12.2021). – Режим доступа: свободный.

12. Нормативные правовые акты Кемеровской области – Кузбасса – Текст: электронный // 42.mchs.gov.ru [сайт] – URL: <https://42.mchs.gov.ru/documents/normativnyye-pravovyye-akty-kemerovskoy-oblasti> (дата обращения: 25.12.2021). – Режим доступа: свободный.

13. Охранная сигнализация для школ / АО «Безопасность» проектирование, монтаж, наладка и обслуживание систем безопасности [сайт] URL: <https://pmcm.ru/services/systemi-okhrannoy-signalizatsii/shkola/> (дата обращения: 20.12.2021). – Режим доступа: свободный.

14. Свод правил «Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования»: [СП 484.1311500.2020]. – Текст:

электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686> (дата обращения: 10.12.2021). – Режим доступа: свободный.

15. Свод правил «Системы противопожарной защиты. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах. Требования к пожарной безопасности»: [СП 3.13130.2009]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения: 10.12.2021). – Режим доступа: свободный.

16. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [ГОСТ 12.1.033-81]: дата введения 01.07.1982.– URL.: <https://docs.cntd.ru/document/1200003841> (дата обращения 02.05.2022). – Текст: электронный.

17. Антипирен: виды, состав, область применения и действия – Текст электронный [сайт] – URL.: <https://fireman.club/inseklodepia/antipiren/> (дата обращения 02.03.2022)

18. Свод правил «Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»: [СП 485.1311500.2020]. – Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249686> (дата обращения: 10.12.2021). – Режим доступа: свободный.

19. Свод правил «Системы противопожарной защиты. Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и системами пожарной сигнализации. Нормы и правила проектирования».– Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566348486> (дата обращения: 10.12.2021). – Режим доступа: свободный.

20. Свод правил «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [СП 12.13130.2009]: утверждён приказом МЧС России от 25 марта 2009 г. N 182:

введен в действие 01.05.2009 – Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200071156> (дата обращения: 10.04.2022). – Режим доступа: свободный.

21. Свод правил «Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям» : [СП 4.13130.2013] : утвержден МЧС России от 24.04.2013 : введен в действие 24.06.2013 – Текст: электронный // consultant.ru [сайт] – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_148575/5de54856842bf030cc565ec771f9407e40bd31e4 (дата обращения: 25.04.2021). – Режим доступа: свободный.

22. Свод правил «Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности»: [СП 10.13130.2020]. – Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249684> (дата обращения: 20.04.2021). – Режим доступа: свободный.

23. ГОСТ Национальный стандарт Российской Федерации. «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний». [Р53325-2012]: дата введения 01.01.2014.– Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL.: <https://docs.cntd.ru/document/1200102066> (дата обращения 15.02.2021). Режим доступа: свободный.

24. Свод правил «Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации»: [СП 9.13130.2009] : утвержден приказом Приказом МЧС России от 25 марта 2009 г. N 179: введен в действие 01.05.2009 – Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/566249684> (дата обращения: 20.04.2021). – Режим доступа: свободный.

25. Самошин, Д.А. Состав людских потоков и параметры их движения при эвакуации / Д.А. Самошин – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – 210 с.

26. Ройтман В.М. Инженерные решения по оценке огнестойкости проектируемых и реконструируемых зданий / В.М. Ройтман – М., Ассоциация «Пожнаука», 2001.

27. Актерский, Ю.Е., Здания, сооружения и их устойчивость при пожаре. Часть 2. Строительные конструкции, здания, сооружения и их поведение в условиях пожара / Ю.Е. Актерский, Г.Л. Шидловский, Т.В. Власова –СПБ: Университете ГПС МЧС России, 2019.

28. Свод правил «Естественное и искусственное освещение»: [СП 52.13330.2016]. – Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/456054197> (дата обращения: 20.04.2022). – Режим доступа: свободный.

29. Свод правил «Здания и сооружения. Правила проектирования аварийного освещения»: [СП 439.1325800.2018]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554818839> (дата обращения: 20.04.2022). – Режим доступа: свободный.

30. Национальный стандарт Российской федерации. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [ГОСТ Р 55842-2013 (ИСО 30061:2007)]: дата введения 2015-01-01.– URL.: <https://docs.cntd.ru/document/1200107497> (дата обращения 02.05.2022). – Текст: электронный.

31. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (Приложение №2 к приказу МЧС России от 30.06.2009 № 382) // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902167776> (дата обращения: 20.04.2022). – Режим доступа: свободный.

32. Пожарная безопасность. Энциклопедия. ФГУ ВНИИПО МЧС РОССИИ, 2007. // propb.ru [сайт] – URL: <https://propb.ru/library/book/entsiklopediya-pozharnaya-bezopasnost/> (дата обращения: 20.04.2022). – Режим доступа: свободный.

33. Российская Федерация. Приказы. Приказ об утверждении порядка учета пожаров и их последствий № 714 от 21.11.2008 (с изменениями на 17 ноября 2020 года). – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902133628?marker=6500PL> (дата обращения: 20.04.2022). – Режим доступа: свободный.

34. Системы противопожарной и охранной защиты /справочник базовых цен на проектные работы для строительства /ГП «Центринвестпроект» и ОАО НПП «Спецавтоматика». – М.: ВНИИПО, 2021, – 80 с.

35. Российская федерация. Законы. О специальной оценке условий труда: Федеральный закон N 426-ФЗ: [принят Государственной думой 28 декабря 2013г]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/499067392> (дата обращения: 10.05.2022). – Режим доступа: свободный.

36. Свод правил «Санитарно-эпидемиологические требования к организациям воспитания и обучения, отдыха и оздоровления детей и молодежи»: [СП 2.4.3648-20] . – URL: <https://docs.cntd.ru/document/554818839> (дата обращения: 20.04.2022). – Режим доступа: свободный.

37. Пример светотехнического расчета по методу коэффициента использования: подробный разбор формулы // ksosvet.ru [сайт] – URL: <https://ksosvet.ru/blog/cvetotekhnicheskij-raschet-po-metodu-koehfficienta-ispolzovaniya-primer> (дата обращения: 20.04.2022). – Режим доступа: свободный.

38. Российская федерация. Законы. Трудовой кодекс российской федерации: Федеральный закон № 377-ФЗ: [принят Государственной думой 22 ноября 2021г]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901807664> (дата обращения: 10.05.2022). – Режим доступа: свободный.

39. Санитарные правила и нормы «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» [СанПиН 1.2.3685-21].] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 10.02.2022). – Режим доступа: свободный.

40. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [ГОСТ 12.1.005-88]: дата введения 01.01.1989.– URL.: <https://docs.cntd.ru/document/1200003608> (дата обращения 02.05.2022). – Текст: электронный.

41. Правила устройства электроустановок ПУЭ: утверждены приказом Минэнерго России от 20 мая 2003 г. N 187: введен в действие 01.10.2003 – Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200031977> (дата обращения: 10.03.2022). – Режим доступа: свободный.

42. Национальный стандарт Российской Федерации. Система стандартов безопасности труда. Метрологическое обеспечение в области безопасности труда. Общие требования [ГОСТ 12.0.005-2014]: дата введения 01.07.2016г.– URL.: <https://docs.cntd.ru/document/1200124406> (дата обращения 02.05.2022). – Текст: электронный.

43. Национальный стандарт Российской Федерации. Средства отображения информации индивидуального пользования. Методы измерения и оценки эргономических параметров и параметров безопасности. – Текст: электронный. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115> (дата обращения: 10.02.2022). – Режим доступа: свободный.

44. Национальный стандарт Российской Федерации. «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний». [Р53325-2012]: дата введения 01.01.2014.– Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL.: <https://docs.cntd.ru/document/1200102066> (дата обращения 15.02.2021). Режим доступа: свободный

45. Национальный стандарт Российской Федерации Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [ГОСТ 12.1.019-2017]: дата введения 01.07.2016г.–

URL.: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (дата обращения 02.05.2022). – Текст: электронный.

46. Национальный стандарт Российской Федерации Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты [ГОСТ 12.1.019-2017]: дата введения 01.07.2016г.– URL.: <https://docs.cntd.ru/document/1200161238> (дата обращения 02.05.2022). – Текст: электронный.

47. Российская федерация. Законы. Об отходах производства и потребления» от 24.06.1998 г. N 89-ФЗ (с изменениями на 7 апреля 2020 года): Федеральный закон № 89-ФЗ: [принят Государственной думой 22 мая 1998 года]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901701041> (дата обращения: 10.05.2022). – Режим доступа: свободный.

48. Российская Федерация. Законы. О защите населения и территорий от чрезвычайных ситуаций техногенного характера: Федеральный закон № 68-ФЗ: [принят Государственной думой 11 ноября 1994г]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901701041> (дата обращения: 10.05.2022). – Режим доступа: свободный.

49. Российская Федерация. Законы. О гражданской обороне: Федеральный закон № 28-ФЗ: [принят Государственной думой 26 декабря 1997г]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/901701041> (дата обращения: 10.05.2022). – Режим доступа: свободный.

50. Постановление Правительства Российской Федерации «Об утверждении Положения о гражданской обороне в Российской Федерации»: [принято Правительством РФ 26.11.2007г №804] – Текст: электронный // docs.cntd.ru [сайт] – URL: <https://docs.cntd.ru/document/902074017> (дата обращения: 25.04.2022). – Режим доступа: свободный.

Приложение А

Данные для определения времени эвакуации

Таблица В.1 – Определение времени эвакуации на третьем этаже

№ уч.	Вид участка	N чел	l, м	δ, м	f, м ²	D, м ² /м ²	q, м/мин	V, м/мин	t, мин
Эвакуация через главный выход (Вариант №1)									
3.01	Горизонтальный участок	24	8,6	5,9	0,07	0,033	3,3	100	0,086
3.02	Дверной проем	24	0	1,1	0,07		17,7		0
3.03	Горизонтальный участок	0	6,3	2,75	0,07	0,096	7,76	81,6	0,077
3.04	Дверной проем	24	0	1,1	0,07		19,4		0
3.05	Горизонтальный участок	26	8,2	5,9	0,07	0,037	3,7	100	0,082
3.06	Дверной проем	26	0	1,1	0,07		6,63		0,167
3.07	Горизонтальный участок	21	8,25	5,9	0,07	0,030	3	100	0,0825
3.08	Дверной проем	21	0	1,1	0,07		16,1		0
3.09	Горизонтальный участок	20	8,23	5,9	0,07	0,028	2,8	100	0,0823
3.10	Дверной проем	20	0	1,1	0,07		15,018		0
3.11	Горизонтальный участок	21	8,15	5,9	0,07	0,031	3,1	100	0,0815
3.12	Дверной проем	21	0	1,1	0,07		16,6		0
3.13	Горизонтальный участок	23	8,17	5,90	0,07	0,0334	3,34	100	0,0817
3.14	Дверной проем	23	0	1,1	0,07		17,9		0
3.15	Горизонтальный участок	25	8,13	5,9	0,07	0,036	3,6	100	0,0813
3.16	Дверной проем	25	0	1,1	0,07		19,3		0
3.17	Горизонтальный участок	23	8,25	5,9	0,07	0,0331	3,31	100	0,0825
3.18	Дверной проем	23	0	1,1	0,07		17,7		0
3.19	Горизонтальный участок	25	8,35	6	0,07	0,0349	3,49	100	0,0835
3.20	Дверной проем	25	0	1,1	0,07		19,04		0
3.21	Горизонтальный участок	3	6	2,8	0,07	0,0125	1,25	100	0,06
3.22	Дверной проем	3	0	1,1	0,07		3,18		0
3.23	Горизонтальный участок	16	8,45	3,6	0,07	0,0368	3,68	100	0,0845
3.24	Дверной проем	16	0	1,1	0,07		12,04		0
3.25	Горизонтальный участок	2	3,6	2,9	0,07	0,0134	1,34	100	0,036
3.26	Дверной проем	2	0	1,1	0,07		3,53		0
3.27	Горизонтальный участок	16	8,45	3,6	0,07	0,0368	3,68	100	0,0845