

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



Институт Юргинский технологический

Направление подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность

Отделение Техносферной безопасности

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы

**Разработка автоматической системы дымоудаления
в зрительном зале ДК «Победа»**

УДК 628.52:621.61:681.51:725.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-17Г40	Макаров Александр Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент ОТБ	Луговцова Н.Ю.	к.т.н.		

Нормоконтроль

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Спец. по УМР	Журавлев В.А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

И.о. рук. ОТБ	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Солодский С.А.	к.т.н.		

Юрга – 2019 г.

**Планируемые результаты обучения по основной образовательной программе
направления 20.03.01 – Техносферная безопасность**

Код результатов	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные естественно-научные и математические знания, достаточные для комплексной инженерной деятельности в области техносферной безопасности.
P2	Применять базовые и специальные знания в области техносферной безопасности для решения инженерных задач.
P3	Ставить и решать задачи комплексного анализа, связанные с организацией защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера, с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей, осуществлять надзорные и контрольные функции в сфере техносферной безопасности.
P4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования, включающие поиск и изучение необходимой научно-технической информации, математическое моделирование, проведение эксперимента, анализ и интерпретацию полученных данных, на этой основе разрабатывать технику и технологии защиты человека и природной среды от опасностей техногенного и природного характера в соответствии с техническим заданием и с использованием средств автоматизации проектирования.
P5	Использовать знание организационных основ безопасности различных производственных процессов, знания по охране труда и охране окружающей среды для успешного решения задач обеспечения техносферной безопасности.
P6	Обоснованно выбирать, внедрять, монтировать, эксплуатировать и обслуживать современные системы и методы защиты человека и природной среды от опасностей, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья, безопасности труда, выполнять требования по защите окружающей среды.
Универсальные компетенции	
P7	Использовать базовые и специальные знания в области проектного менеджмента для ведения комплексной инженерной деятельности.
P8	Владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
P9	Эффективно работать индивидуально и в качестве члена группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.
P10	Демонстрировать знания правовых, социальных, экономических и культурных аспектов комплексной инженерной деятельности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельной работе и к самостоятельному обучению в течение всей жизни и непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.

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

Институт	Юргинский технологический
Направление	20.03.01 Техносферная безопасность
Профиль	Защита в чрезвычайных ситуациях
Отделение	Техносферной безопасности

УТВЕРЖДАЮ:
 И.о. руководителя ОТБ
 _____ С.А. Солодский
 «_____» _____ 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
З-17Г40	Макарову Александру Викторовичу

Тема работы:

Разработка автоматической системы дымоудаления в зрительном зале ДК «Победа»
Утверждена приказом директора (дата, номер) 31.01.2019г., №12/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	08.06.2019г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

Исходные данные к работе	Объект исследования – ДК «Победа». Общие сведения об объекте, данные о пожарной нагрузке в помещениях, сведения об эвакуационных путях и выходах из здания, организация работ по спасению людей.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Аналитический обзор проблемы пожарной опасности в культурно-зрелищных учреждениях. 2. Характеристика объекта исследования. 3. Возможные методы повышения качества эвакуации путём разработки системы

	автоматического дымоудаления в зрительном зале. 4. Анализ возможных последствий пожара до и после внедрения системы автоматического дымоудаления. 5. Расчёт параметров системы дымоудаления в зрительном зале и подбор компонентов автоматизации люка дымоудаления. 6. Информационно-обеспечительные меры по созданию лучших условий для эвакуации пострадавших. 7. Разработка автоматизированной системы управления. 8. Расчёт экономического обоснования проводимых мероприятий по дымоудалению.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	доцент ОЦТ Лизунков Владислав Геннадьевич
Социальная ответственность	ассистент ОТБ Луговцова Наталья Юрьевна
Нормоконтроль	специалист по учебно-методической работе Журавлёв Василий Александрович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.02.2019г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОТБ	Солодский С.А.	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-17Г40	Макаров А.В.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из 93 страниц, 28 рисунков, 3 таблиц, 55 источников, 7 приложений.

Ключевые слова: ПОЖАР, ЭВАКУАЦИЯ, ДЫМОУДАЛЕНИЕ, УЩЕРБ, ПРОДУКТЫ ГОРЕНИЯ, ПОЖАРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ, ДЫМ, АВТОМАТИЗАЦИЯ, ARDUINO.

Предметом исследования являются возможные и перспективные состояния инженерно-технических составляющих обеспечения пожарной безопасности в организации дворца культуры «Победа».

Цель работы – разработка автоматической системы дымоудаления в зрительном зале дворца культуры «Победа».

В процессе исследования проводился мониторинг состояния пожарной безопасности исследуемого объекта, анализ вероятных вариантов развития и последствий пожара, установление причин и вероятности его возникновения. Оценка наиболее опасной пожарной обстановки и её последствия.

В результате проведённого исследования были выявлены недостатки и нарушения по противодымной защите. Недостаточное информационное обеспечение эвакуации; отсутствие автоматической системы дымоудаления в зрительном зале.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы были сформированы рекомендации, обеспечивающие безопасную эвакуацию людей при пожаре в ДК «Победа», а также разработана система автоматического управления люком дымоудаления, позволяющая подразделениям пожарной охраны эффективнее осуществлять процесс тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ.

Abstract

Final qualification work contains 93 pages, 28 figure, 3 tables, 55 sources and 7 applications.

Keywords: FIRE, EVACUATION, SMOKE REMOVAL, DAMAGE, COMBUSTION GASES, FIRE SAFETY, SMOKE, ARDUINO.

Object of research are possible and perspective fortune technical making ensuring fire safety in the «Pobeda» recreation Center organization.

The work purpose – development of an automatic system of smoke removal in the auditorium of «Pobeda» recreation Center.

In the course of the research monitoring of ensuring fire safety on an object, the analysis of optional versions of development and consequences of the fire and also definition of the reasons and probabilities of its emergence was carried out. Assessment of the most dangerous fire situation and its consequence.

As a result of the conducted research shortcomings and violations on antismoke protection were revealed. Insufficient information support of evacuation; lack of an automatic system of smoke removal in the auditorium.

As a result of the implementation of final qualifying work, recommendations were made to ensure the safe evacuation of people during a fire in the Pobeda recreation center, and a system of automatic control of smoke exhaust doors was developed, which allows fire protection units to more effectively carry out the process of extinguishing the fire and conducting rescue operations.

Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки

В настоящей работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 12.1.004-96 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ Р 53307-2009 Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на огнестойкость.

ГОСТ Р 12.2.143-2009 Системы фотолюминесцентные эвакуационные. Требования и методы контроля.

ГОСТ 12.1.004-91*. Пожарная безопасность.

СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности.

СП 5.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.

СП 7.13130.2009 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования.

СниП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.

СниП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.

НПБ 253-98. Оборудование противодымной защиты зданий и сооружений. Вентиляторы, метод испытания на огнестойкость.

В настоящей работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

дымоудаление: Система безопасности, обеспечивающая эвакуацию людей при пожаре.

система дымоудаления механическая: Система, где продукты горения удаляются за счёт действия вентилятора дымоудаления.

система дымоудаления с естественным побуждением: Система дымоудаления, действующая за счёт разницы температур вытяжного и приточного воздуха.

дымоприёмное устройство: Отверстие в воздуховоде (канале, шахте) с установленным на нём или на воздуховоде дымовым клапаном, открывающимся при пожаре.

дымовая зона: Часть помещения общей площадью не более 3000 м², из которой в начальной стадии пожара удаляется дымовая смесь расходом, обеспечивающим эвакуацию людей из горящего помещения.

противодымная вентиляция: Аварийная система вентиляции, направленная на скорейшее удаление из помещения или здания продуктов горения, выделяющихся при пожаре.

Обозначения и сокращения:

АСР – аварийно-спасательные работы

ДУ – дымоудаление

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

ОПФ – основные производственные фонды

ОС – оборотные средства

ПЧ – пожарная часть

ПВ – противодымная вентиляция

СПИ – самоспасатель изолирующий

СИЗОД – система изоляции органов дыхания

УАПС – управление автоматической пожарной сигнализацией

ФГКУ – федеральное государственное казённое учреждение

ФПС – федеральная противопожарная служба

ФЭС – фотолюминесцентная эвакуационная система

ЧС – чрезвычайная ситуация

АВОК – ассоциация инженеров по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике

Оглавление

	С.
Введение	11
1 Обзор литературы	13
1.1 Устройство и принцип работы систем автоматического дымоудаления	18
1.2 Обзор отечественных систем дымоудаления	27
1.3 Обзор зарубежных систем дымоудаления	31
2 Объект и методы исследования	34
2.1 Краткая характеристика объекта	34
2.1.1 Системы обнаружения пожара, оповещения и управления	35
2.1.2 Системы коллективной защиты людей от опасных факторов пожара	36
2.1.3 Огнестойкость и пожарная опасность строительных конструкций	36
2.1.4 Первичные средства пожаротушения	37
2.1.5 Источники противопожарного водоснабжения	38
2.1.6 Меры противопожарного режима на территории объекта	38
2.1.7 Данные о пожарной нагрузке	39
3 Расчёты и аналитика	40
3.1 Проектирование автоматического привода открытия люка дымоудаления	40
3.2 Расчёт параметров системы дымоудаления из зрительного зала	51
3.3 Результаты исследования по определению прогноза развития пожара в ДК «Победа»	53
3.3.1 Расчёт необходимого количества сил и средств. Вариант тушения №1	54
3.3.2 Расчёт необходимого количества сил и средств. Вариант тушения №2	56
3.4 Рекомендуемые средства и способы тушения пожара	59
3.5 Выбор оборудования для системы противодымной вентиляции	61
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	63
4.1 Расчёт прямого ущерба	63
4.2 Расчёт косвенного ущерба	65
4.3 Расчёт средств необходимых для ликвидации ЧС	66
5 Социальная ответственность	71
5.1 Краткое описание исследуемого объекта	71
5.2 Анализ выявленных вредных факторов на объекте	72

5.3 Анализ выявленных опасных факторов пожара	74
5.4 Предлагаемые средства защиты от опасных факторов пожара	77
5.5 Воздействие опасных факторов пожара на окружающую среду	78
5.6 Выводы по разделу	79
Заключение	80
Список используемых источников	87
Приложение А План-схема расположения объекта на местности	
Приложение Б План-схема подвала	88
Приложение В План-схема первого этажа	89
Приложение Г План-схема второго этажа	90
Приложение Д План-схема третьего этажа	91
Приложение Е План-схема расстановки сил и средств. Вариант №1 – тушение пожара на сцене ДК «Победа»	92
Приложение Ж План-схема расстановки сил и средств. Вариант №2 – тушение пожара в зрительном зале ДК «Победа»	93

Введение

Согласно статистическим данным за 2018 год, число пожаров на территории Российской Федерации уменьшилось на 5,07% по сравнению с аналогичным периодом 2017 года. В 2017 году число пожаров – 139475, в 2018 – 132406. [1]. Однако, несмотря на уменьшение числа пожаров, ситуация всё ещё остаётся напряжённой. Данная тенденция чётко отслеживается по статистике смертности на пожарах. В 2018 году на территории Российской Федерации в пожарах погибло 7782 человека, что на 11,05% меньше чем за 2017 год [2, 3].

Принято считать, что при пожаре люди гибнут главным образом от высоких температур или открытого огня. Однако статистика показывает противоположное: смерть чаще всего возникает от отравления угарным газом (СО) и другими ядовитыми продуктами горения. Трагические события, произошедшие 25-26 марта 2018 года в торгово-развлекательном центре «Зимняя вишня» г. Кемерово, являются тому подтверждением. В пожаре погибло 60 человек, преимущественно дети. Данный случай привёл к внеплановым проверкам объектов с массовым пребыванием людей.

При защите здоровья граждан при пожаре одним из наиболее важных факторов является дым. Особую опасность представляют пожары на объектах с большим пребыванием людей, в т.ч. дома культуры, торгово-развлекательные комплексы.

Примером такого объекта стал Дворец культуры «Победа», одно из старейших культурно-развлекательных учреждений города. В ходе очередной проверки были выявлены многочисленные нарушения противопожарной безопасности, например, отсутствовали планы коммуникаций на объекте, не производились обслуживание и ремонт вентиляционных каналов. Также в ходе проверки было выявлено, что устройство отверстий для пропуска вентиляционных воздуховодов и каналов через брандмауеры и несгораемые перекрытия не допускается, основание пункт №100 Н 102-54 Противопожарные нормы строительного проектирования промышленных

предприятий и населённых мест. Иск к собственникам о запрете эксплуатации дворца культуры в интересах неопределенного круга лиц подал юргинский межрайонный прокурор для устранения нарушений противопожарной безопасности. Иск в настоящее время находится в юргинском городском суде. Назначена пожарно-техническая экспертиза.

Наибольшее скопление людей в ДК «Победа» приходится на зрительный зал, общая вместимость которого составляет 450 человек и 140 человек на балконах. Из зрительного зала имеется 2 основных и 2 запасных выхода. Со сцены имеется 1 основной и 1 запасной выходы. С балкона имеется 1 эвакуационный выход, ведущий в лестничный марш с непосредственным выходом наружу. Здание оборудовано автоматической пожарной сигнализацией, приборы установлены в вестибюле у поста дежурного. Здание оборудовано системой оповещения людей о пожаре.

При неосторожном обращении с огнём создаётся реальная угроза возгорания в зрительном зале, огонь распространяется по полу, диванам и креслам. Когда порталый проём открыт, огонь из зрительного зала интенсивнее переходит на сцену и другие помещения.

Эвакуация людей проводится по лестничным маршам, через основные и запасные выходы, расположенные на первом этаже по периметру зданий, путём самостоятельного выхода, а также через окна с помощью 3-х коленных лестниц (до 3 этажа), с использованием автолестниц и коленчатых подъемников (кровля). Когда пути спасения задымлены или неизвестны, организуется вывод спасаемых [4]. При проведении эвакуации особое внимание необходимо обратить на помещения 2 и 3 этажей, так как на данных этажах большая вероятность плотного задымления.

Практическая значимость данной выпускной квалификационной работы заключается в том, что полученные выводы и рекомендации, позволят обеспечить безопасную эвакуацию людей из здания ДК «Победа» при возникновении пожара. Автоматическая система дымоудаления в зрительном зале позволит подразделениям пожарной охраны эффективнее осуществлять процесс тушения пожара и проведения аварийно-спасательных работ.

1 Обзор литературы

Печальная статистика гибели людей в зданиях, торгово-развлекательных комплексах, кинотеатров, закрытых производственных, инженерных сооружениях при возникновении очага пожара в них говорит о том, что основной причиной летального исхода было не открытое пламя, воздействие высокой температуры, а ядовитые, едкие продукты горения.

Плотный дымовой поток, распространяющийся по помещениям, путям эвакуации, гораздо быстрее открытого огня, представляет собой устойчивую аэрозольную смесь мелких твёрдых веществ от сажи до золы, находящихся во взвешенном состоянии в разогретой до высокой температуры воздушно-газовой среде. В каждом конкретном случае это ядовитое облако, крайне затрудняющее видимость, следовательно, препятствующее быстрой эвакуации из помещений; в зависимости от того, что горит в помещениях, имеет свой состав, неприемлемый для дыхания людей.

Неизменным в нём остается лишь угарный газ – CO, содержание которого в воздухе выше 1% приводит к смерти людей в течение нескольких минут из-за того, что он образует устойчивое соединение с гемоглобином крови, блокируя транспортировку кислорода.

Проанализируем динамику основных показателей обстановки с пожарами в РФ за 2014-2018 года [5] (рис. 1).

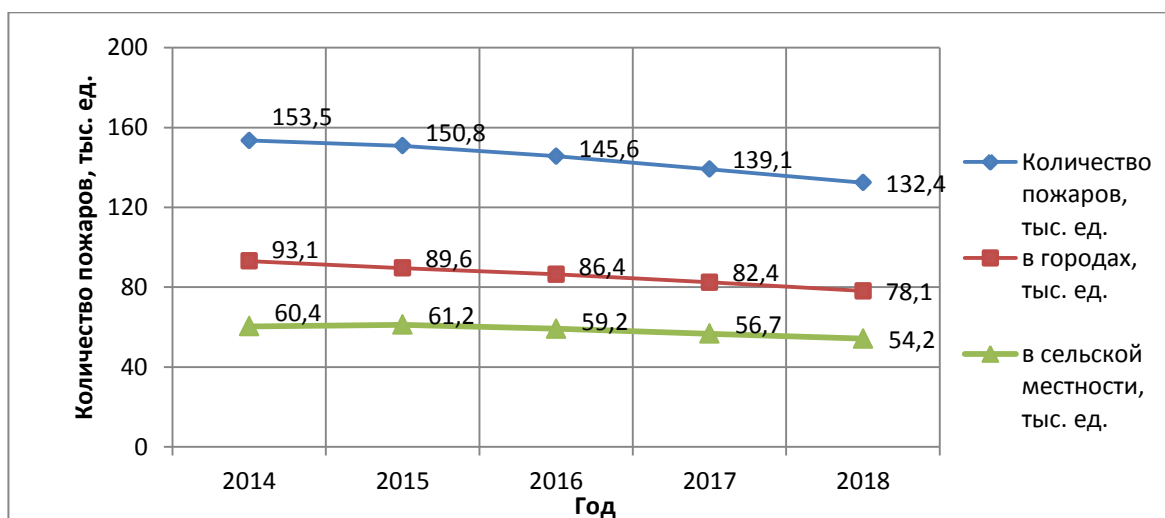


Рисунок 1 – Количество пожаров в РФ за 2014-2018 года

Из графика видно, что намечается общий тренд на снижение числа пожаров, как в городах, так и в сельской местности. Объясняется это тем, что службами и подразделениями МЧС проводится серьезная работа по информированию населения, также организуются обучающие лекции/семинары/мастер-классы по безопасному обращению с огнём.

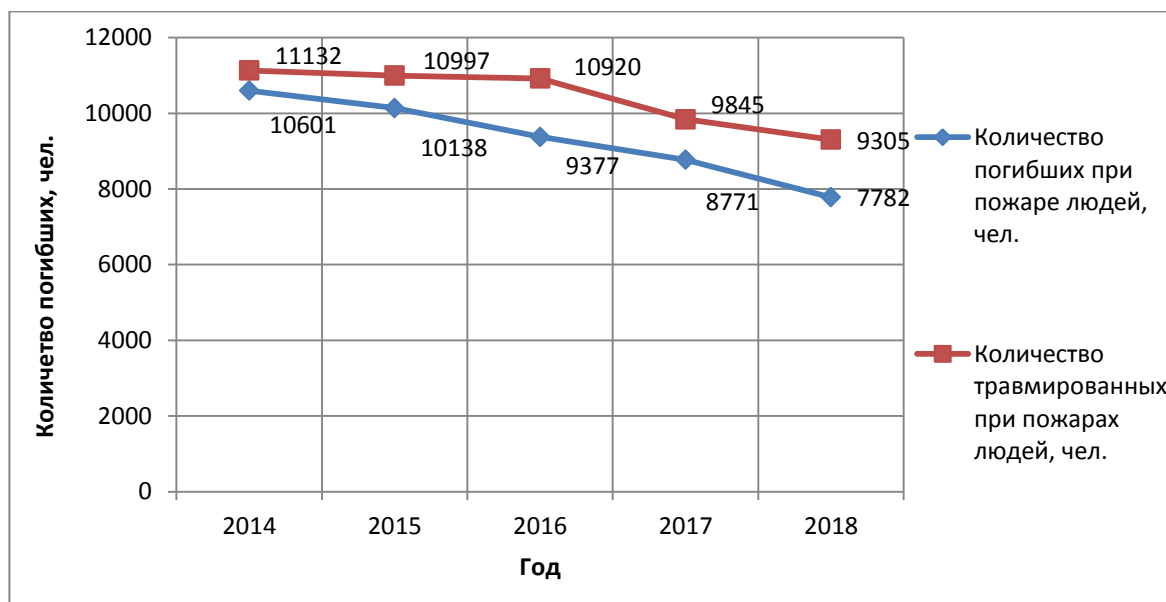


Рисунок 2 – Количество погибших и травмированных на пожарах в РФ за 2014-2018 года

Из графика на рис. 2 следует, что число травмированных и погибших людей на пожарах в РФ за 2014-2018 года снижается. Это связано, в том числе и с проводимой профилактической работой: беседами со школьниками, пожарно-тактическими учениями, подворовыми обходами жителей и другими мероприятиями. Также стоит отметить тот факт, что всё больше помещений, как жилых, так и нежилых, зданий оснащаются пожарными сигнализациями, современными средствами оповещения и пожаротушения.

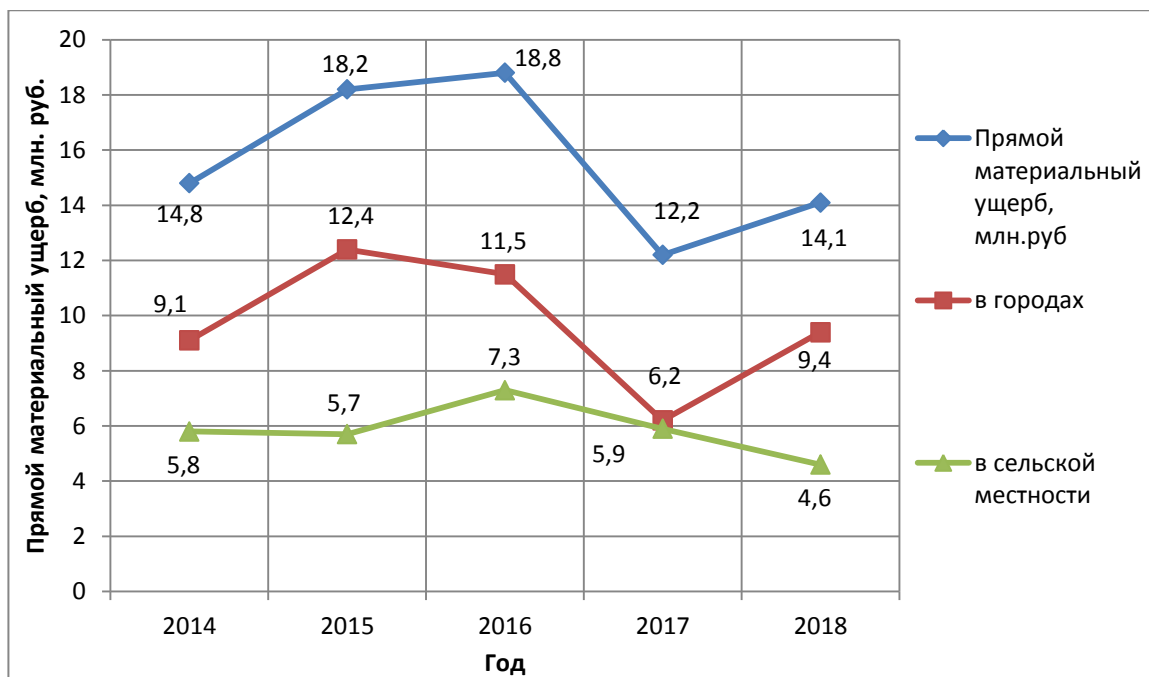


Рисунок 3 – Ущерб от пожара в РФ за 2014-2018 года

Из графика на рисунке 3 можно сделать вывод, что материальный ущерб от пожаров от года к году колеблется. Это связано и с тем, что здания и сооружения, как жилые, так и нежилые, оборудуются более современной техникой, оборудованием, приборами и пр., которые, в свою очередь, имеют высокую стоимость.

Большая часть случаев возникновения пожаров в культурно-развлекательных учреждениях – неосторожное обращение с огнём, неисправность электросетей и электрооборудования, нарушение технологического процесса и правил эксплуатации, несоблюдение мер пожарной безопасности при ремонтных и других работах [6, 7].

При разговоре о пожарной безопасности, поражающих факторах пожара, рисках и угрозах, невозможно не упомянуть такой термин как «пожар» и привести его классификацию.

Существует множество классификационных признаков пожара, которые были детально изучены и сформулированы на основе полученных в результате тщательного анализа данных [8]. Исходя из анализа данных, можно выделить несколько типов и видов пожара. С позиций практической значимости, необходимости в подробном рассмотрении всех возможных

классификационных структур нет, однако на некоторые из них мы рассмотрим подробнее.

Классификация по типам:

1. Индустриальные (заводы, хранилища, фабрики и другие промышленные объекты);
2. Бытовые;
3. Природные (степные, торфяные, лесные и ландшафтные пожары).

Классификация по плотности застройки:

1. Отдельные (городские). Пожары в отдельно взятом здании, где плотность застройки характеризуется невысоким процентным показателем, а именно соотношение застроенных площадей к общей площади населенного пункта составляет 20%;
2. Сплошные. При плотности застройки 20-30% пожар охватывает значительную по площади территорию;
3. Огненный шторм. Данный вид пожара встречается достаточно редко, но по своей разрушительной силе представляет особую опасность. Угроза возникновения данного пожара существует при плотности застройки свыше 30%;
4. Тление в завалах.

На территории Российской Федерации с 1.05.2009г. основная классификация установлена «Техническим регламентом о требованиях пожарной безопасности». Статья 8 Регламента определяет классы пожаров:

- класс А – пожары твёрдых горючих веществ и материалов;
- класс В – пожары горючих жидкостей или плавящихся твёрдых веществ и материалов;
- класс С – пожары газов;
- класс D – пожары металлов;
- класс Е – пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением;
- класс F – пожары ядерных материалов, радиоактивных отходов и радиоактивных веществ [9].

Необходимо более подробно проанализировать главные причины гибели людей при пожарах, а именно, рассмотреть первичные поражающие факторы пожара:

1. Открытый огонь. Опасный фактор, но по оценке специалистов случаи поражения открытым пламенем достаточно редки.
2. Высокая температура окружающей среды. Опасность заключается в том, что пострадавшие поражаются путём вдыхания нагретого воздуха, вследствие чего происходит потеря сознания, удушье и гибель. Стоит заметить, что и этот поражающий фактор не является самым распространенным.
3. Токсичные продукты горения. Один из самых опасных поражающих факторов. Практически в любом здании в том или ином виде имеются полимерные и синтетические материалы, которые при горении выделяют токсичные газы, которые быстро поражают дыхательную систему человека.
4. Пониженная концентрация кислорода. Даже 3% понижение содержания кислорода в воздухе приводит к ухудшению функционирования двигательных функций. При сгорании в результате пожара горючих веществ и материалов, концентрация кислорода понижается в разы.
5. Потеря видимости. Задымленность помещения препятствует быстрой эвакуации людей из очага поражения; теряется ориентация в пространстве, наступает паника и хаотичное движение, в результате чего люди могут нанести ущерб сами себе и окружающим[10, 11].

Дым губительно воздействует на человека, разрушая его здоровье, развивают болезненные состояния (заболевания дыхательных путей, в т.ч. лёгких). В дымах содержатся конденсаты тяжёлых металлов (Pb, Hg), взаимодействуя с молекулами крови вызывают необратимые последствия, изменяя структуру, что неизбежно приводит к отставанию в физическом развитии.

На основании вышеизложенного материала, можно сделать вывод, что главной причиной гибели людей при пожарах, является невозможность нахождения в условиях затрудняющих дыхание и нарушающих видимость

окружающего пространства. Следовательно, основным направлением работы специалистов по спасению пострадавших в условиях пожара является эффективная борьба с поражающими факторами.

Дворец культуры «Победа», а также другие административные и общественные здания, характеризуются особой пожарной опасностью. В сооружениях подобного типа применяется большое количество мебели и прочих предметов бытового назначения, являющихся при возгорании источниками высокого дымообразования.

1.1 Устройство и принцип работы систем автоматического дымоудаления

Дым, токсичные продукты горения, пониженная концентрация кислорода являются первичными поражающими факторами пожара, которые в большинстве случаев являются главной причиной гибели людей. Именно противодымная защита является той мерой, которая способствует максимальному исключению возможности воздействия на пострадавших этих поражающих факторов и тем самым способствовать проведению безопасной эвакуации, сохраняя жизнь и здоровье людей.

Дымоудаление – процесс удаления дыма и подачи чистого воздуха системой приточно-вытяжной вентиляции.

Система противодымной защиты здания должна обеспечивать защиту людей на путях эвакуации и в безопасных зонах от воздействия опасных факторов пожара в течение времени, необходимого для эвакуации людей, или всего времени развития и тушения пожара посредством удаления продуктов горения и термического разложения и (или) предотвращения их распространения [12-15].

Для недопущения попадания дымового потока в лифтовые шахты, удалить угарный газ, мелкие частицы сажи/копоти, пепла/золы из воздуха помещений во многих зданиях; где это требуют государственные нормы ПБ, устанавливают различного вида противопожарные системы дымоудаления и притока воздуха, эффективно справляющиеся с этой задачей. Пример схемы дымоудаления приведён на рисунке 4.

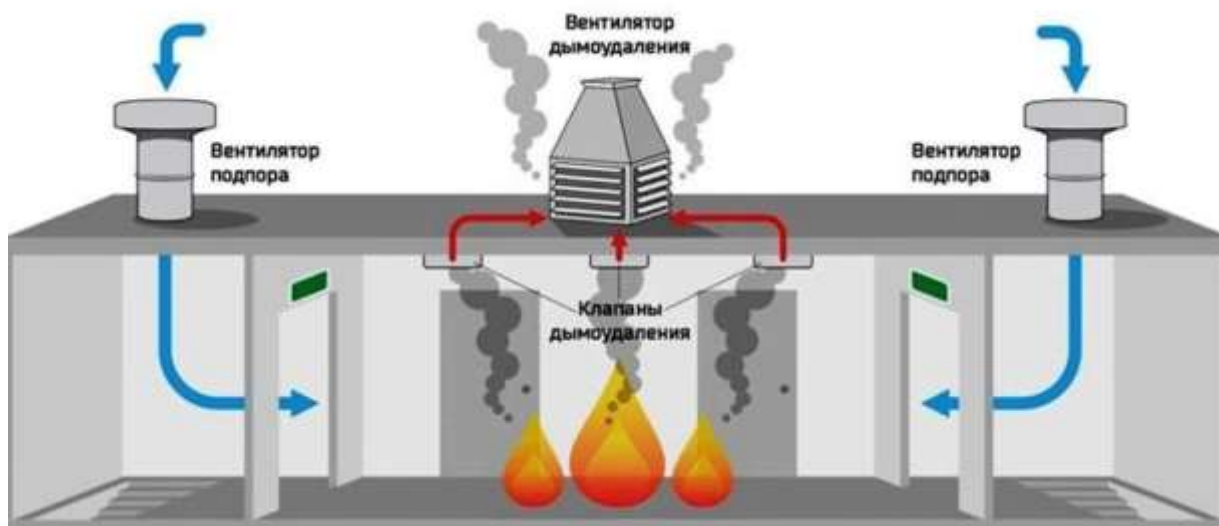


Рисунок 4 – Пример устройства системы дымоудаления

Необходимость, состав и устройство приточно-вытяжных вентиляционных систем регламентируют следующие нормы и правила:

1. СП 60.13330 «СНиП 41-01-2003*», регламентирующий требования к отоплению, вентиляции воздушной среды зданий (с изменениями от 10.02.2017г.);
2. СП 7.13130.2013, устанавливающий требования ПБ к таким системам;
3. НПБ 239-97 о проверке огнестойкости воздуховодов;
4. НПБ 241-97 о противопожарных клапанах систем вентиляции;
5. НПБ 253-98, устанавливающий нормы ПБ к вентиляторам систем дымоудаления;
6. Методические рекомендации к СП 7.13130.2013. Расчётное определение основных параметров противодымной вентиляции зданий.

Требования, которые регламентируют процесс проектирования, эксплуатации и ремонта систем противодымной защиты зданий и сооружений, отражены в системе нормативных и методических документов. Основные требования к исполнению систем противодымной защиты и отдельных её элементов изложены в СП 7.13130.2009 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования» [16, 17].

Комплексная противодымная защита в зависимости от объёмно-планировочных решений и этажности зданий может включать в себя [18, 19]:

1. Систему дымоудаления из помещений и/или коридоров при пожаре;

2. Систему удаления продуктов горения после пожара;
3. Системы, обеспечивающие не задымляемость зрительного зала.

Далее рассмотрим принцип работы системы дымоудаления:

- Срабатывание извещателя пожарного дымового в результате возникновения очага тления/пламени, появления летучих продуктов горения;
- Поступление сигнала пожарной тревоги на прибор АПС, АРМ пожарного поста здания станции организации;
- Передача управляющего сигнала на отключение общеобменной сигнализации, закрытие огнезадерживающих клапанов, смонтированных в местах пересечения противопожарных преград;
- Автоматическое открытие клапана дымоудаления, установленного в зоне возгорания; люков, зенитных фонарей с механизированным приводом для удаления дыма;
- Одновременное включение вентиляторов дымоудаления и притока воздуха;
- Система дымоудаления начинает активно удалять летучие пылегазовые продукты горения, имеющие высокую температуру, из помещения, где находится первоначальный очаг пожара, в том числе за счёт автоматического открытия;
- Система подпора воздуха при пожаре направляет чистый воздух в коридор, холлы, лестничные клетки, являющиеся основными путями эвакуации из зданий.

Слаженная, без сбоев в последовательности действий, работа систем позволяет выполнить следующие задачи:

- Ограничить свободное распространение пожара от первичного места возникновения;
- Уменьшить плотность задымления на путях эвакуации людей;
- Значительно снизить температуру газо-, пылевоздушной среды в помещении, где находится очаг пожара. Как показывают натурные эксперименты, в закрытых помещениях температура достигает 1000°C, а

отлаженная работа системы дымоудаления понижает её до 400°C; что значительно снижает тепловое воздействие на строительные конструкции, противопожарные двери, люки, снижая риск деформации, потери целостности, обрушения, возможности проникновения огня и дыма в смежные помещения.

- Обеспечить приемлемые условия для дыхания, за счёт поддержания необходимой концентрации кислорода, разбавление опасного наличия угарного газа, улучшения видимости за пределами зоны очага пожара; что способствует безопасной оперативной эвакуации людей.

Рассмотренные варианты противодымной защиты направлены на создание систем дымоудаления с помощью вентиляционных люков дымоудаления. Таким образом, важным аспектом, который требует решения при проектировании систем противодымной защиты – порядок срабатывания вентиляционной системы оборудования вне зависимости от места расположения очага возгорания.

В случае отказа в работе пожарной сигнализации необходимо предусматривать дополнительные способы включения вентиляционного оборудования. Традиционно это осуществляется дистанционно от кнопок, которые устанавливают в шкафах пожарных кранов или же вблизи блока управления пожарной сигнализацией. В зданиях, оборудованных автоматической системой пожаротушения, вентиляционное оборудование противодымной защиты приводится в действие при срабатывании контрольно-сигнальных клапанов системы пожаротушения [20, 21].

Общеизвестно, что основной причиной гибели людей при пожарах является вдыхание токсичных продуктов реакции горения выделяемых из органических материалов, а не пламя или тепловые потоки.

Даже недолгое воздействие продуктов горения на организм человека способно затмить разум и привести к потере сознания. Твёрдые частицы сажи, золы, углекислый, и самый опасный угарный газ, который связывает гемоглобин в крови, тем самым препятствует транспортировке O_2 . Для таких случаев предназначены системы противодымной защиты зданий, включающие в качестве элементов люки дымоудаления, также называемые

дымовыми люками, конструкция и назначение которых активно помогает препятствовать образованию ядовитой среды.

Из названия этих технических устройств можно понять, что устройства относятся к виду активной огнезащиты зданий – это удаление дыма, а также неизменно сопутствующих ему газов, продуктов термического распада различных природных, искусственных материалов, химических соединений, образующихся в процессе реакции горения, а также воздуха, разогретого до высокой температуры, способного причинить ожоги людям из-за близкого расположения очага возгорания с путями эвакуации.

Дымовые люки являются важными элементами систем дымоудаления и общей вентиляции помещений зданий естественной тягой за счёт перепада давления, движения поднимающегося и удаляющегося через них теплого загрязненного воздуха (рис. 5).

Важными преимуществами таких технически несложных изделий по сравнению с установками аварийной противодымной вентиляции является отсутствие необходимости проектирования, приобретения, размещения и монтажа дорогостоящего оборудования; минимум управляющей аппаратуры, приводных механизмов, электрической энергии для их постоянной эксплуатации, аварийного запуска в случае обнаружения очага возгорания в защищаемых помещениях датчиками дыма, проточными, аспирационными, газовыми пожарными извещателями.

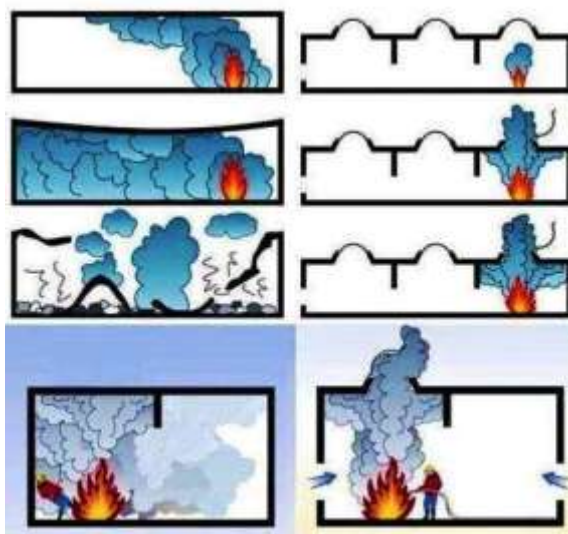


Рисунок 5 – Пример развития пожара в помещениях с системой дымоудаления и без неё

В целом назначение люков дымоудаления, позволившее им стать востребованной пожарно-технической продукцией при проектировании и возведения строений различного назначения от торговых центров, спортивных сооружений до цехов промышленных предприятий, состоит в следующем:

- Быстрое значительное снижение температуры газо-, пылевоздушной среды в помещениях, где расположен очаг возгорания, что, в том числе увеличивает период конструкционной стойкости к огню, целостности противопожарных окон, дверей;
- Резкое снижение плотности задымления на эвакуационных путях, выходах из зданий;
- Уменьшение распространения дымовых газов, разогретых тепловых потоков воздуха в смежные помещения;
- Обеспечение приемлемых условий для дыхания в защищаемых помещениях;
- Естественное равномерное освещение защищаемых помещений, что на практике достигается проектированием, установкой нескольких светопрозрачных люков, фонарей дымоудаления, вместо одного большего по площади.

Основным назначением является удаление дымовых продуктов, позволяющее снизить опасность для людей в ходе эвакуации из зданий, тушения огня; увеличить период целостности строительных конструкций противопожарных преград, их огнестойких заполнений в границах пожарного отсека.

Существует два вида люков дымоудаления, различающихся по месту установки:

- Люки дымоудаления крышные. Основная разновидность таких изделий, монтируемых в конструкции плоских, наклонных покрытий, крыш зданий или сооружений;
- Дымовые люки, устанавливаемые в строительные проёмы наружных стен строений любого назначения, часто называемые противопожарными фрамугами.

Люки дымоудаления, независимо от мест установки, могут быть следующих видов:

- Горизонтальные или вертикальные;
- Одностворчатые или двухстворчатые (рис. 6, 7);
- С глухими или пропускающими свет крышками;
- Иметь круглое, квадратное или прямоугольное сечение рамы конструкции.

Кроме того, крышные люки дымоудаления могут иметь прямое или наклонное основание, иметь не только светопрозрачную, но и теплоизолирующую крышку/полотно; а также служить конструкциями для регулярного выхода на крышу, покрытие строений.

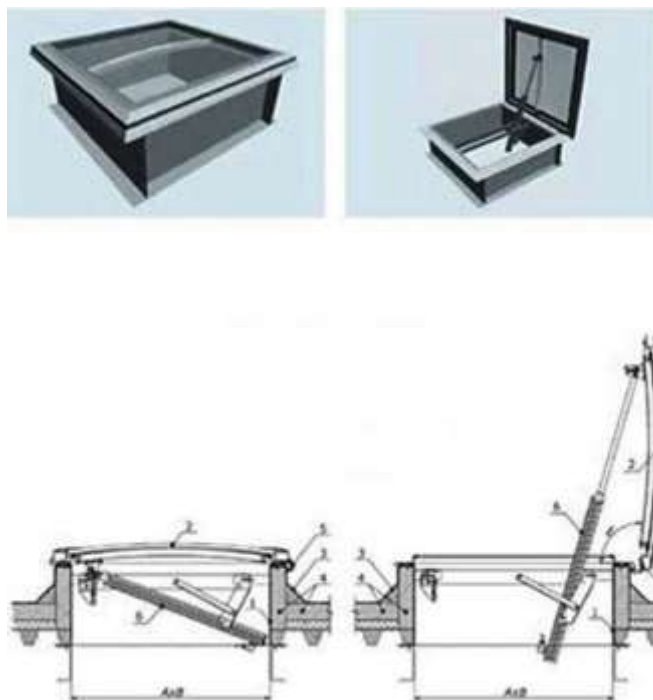


Рисунок 6 – Пример одностворчатых дымовых люков

- 1 – основание фонаря; 2 – светопропускающее заполнение;
3 – гидроизоляционный кровельный ковёр; 4 – теплоизоляция;
5 – потайная петля; 6 – электро- или пневмопривод системы

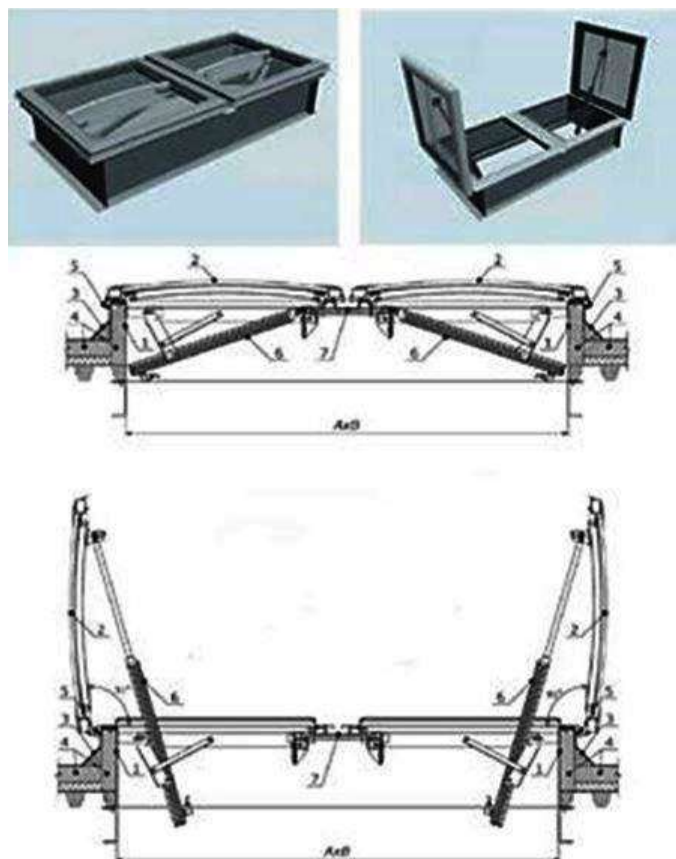


Рисунок 7 – Пример двухстворчатых дымовых люков

- 1 – основание фонаря; 2 – светопропускающее заполнение;
 3 – гидроизоляционный кровельный ковёр; 4 – теплоизоляция;
 5 – потайная петля; 6 – электро- или пневмопривод системы;
 7 – водоприёмный утеплённый лоток

Принцип работы люков дымоудаления (рис. 8) сходен с принципом работы устройств аналогичного назначения – клапанов дымоудаления, других видов противопожарных клапанов систем вытяжной, общеобменной вентиляции зданий:

- При возникновении очага возгорания пожарные извещатели, установленные в защищаемых помещениях, отправят тревожный сигнал на приборы автоматической сигнализации, которые, в свою очередь, дадут команду на приведение в действие приводов люков дымоудаления, находящихся на тот момент в закрытом положении;
- Блоки управления приводов открытых дымовых люков, этот сигнал проигнорируют;

- Через открытые люки конвективные высокотемпературные потоки дымовых газов, поднимающиеся естественной тягой вверх, активно удаляются в атмосферу, очищая защищаемые помещения.

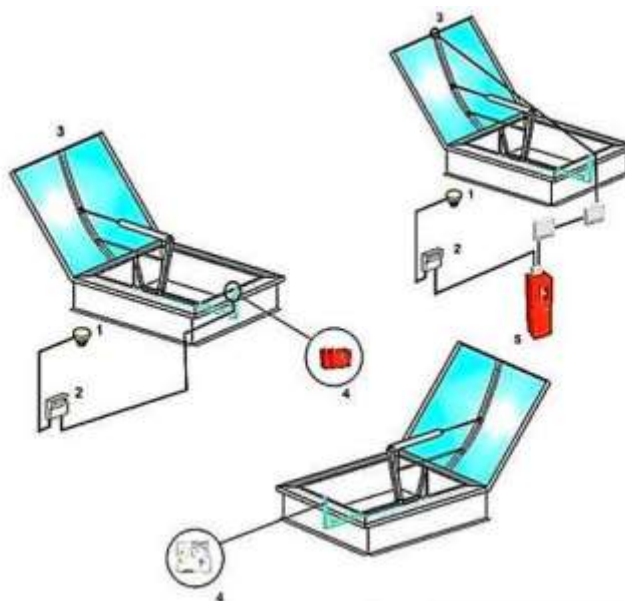


Рисунок 8 – Схема работы люков дымоудаления

1– дымовой и/или тепловой извещатель; 2 – центральный пульт управления пожарной сигнализацией; 3 – термopедохранитель; 4 – замок; 5 – лебедка

Автоматическое, дистанционное управление люками дымоудаления, продублированное также кнопками ручного пуска, из диспетчерских, пожарных постов организаций, обеспечивают системы с электромеханическим, пневмоэлектрическим или смешанным типом привода.

Выбор конкретных типов, модификаций электроприводов с различным тяговым усилием определяют по СП 20.13330.2016, учитывая нормативное значение нагрузки снега на покрытие зданий.

По ГОСТ Р 53301-2013 все виды люков дымоудаления изготавливают с углом открывания полотна/крышки не менее 90° с фиксатором открытого положения, но так как большее значение не регламентировано, то на заказ производят одностворчатые изделия с углом до 140° .

Согласно определению, приведённому в СП 7.13130.2013, люками дымоудаления называют устройства, которые управляются в автоматическом, дистанционном режиме, закрывающие проёмы в ограждениях зданий, оснащенных вытяжной вентиляцией с естественной тягой.

О необходимости применения управляемых приводов люков дымоудаления вытяжной вентиляции с естественной тягой, обеспечивающих усилия, необходимые для преодоления сопротивления механической нагрузки с учётом снега, ветра, указано в статье 138 «Технического регламента о требованиях ПБ». Инерционность срабатывания люков дымоудаления согласно требованию, указанному в пункте 5.8.1 ГОСТ Р 53301, не должна превышать 90 с. Требования к огнестойкости люков дымоудаления в интервале EI 15-60 указаны в таблице 2* СП 112.13330.2011 (СНиП 21-01-97*); а все изделия такого вида подлежат обязательной сертификации по ГОСТ Р 53301.

1.2 Обзор отечественных систем дымоудаления

В Российской Федерации основными производителями систем дымоудаления и противопожарной автоматики являются компании, у которых накоплен многолетний опыт, имеется квалифицированный и аттестованный персонал, а также вся выпускаемая продукция соответствует требованиям отраслевых нормативных актов и государственных стандартов.

ЗАО НПФ «Агрострой». На рынке с 1991 года, занимается проектированием, изготовлением и монтажом электротехнической и электронной продукции. Выпускает программируемые контроллеры, дистанционные и местные пульты управления, датчики контроля различных параметров, аппаратуру управления системами дымоудаления и пожаротушения, щиты автоматизации, ящики управления электрическими приводами [22].

ЮНИТЕСТ. Более 20 лет занимается собственной разработкой и производством автоматических систем противопожарной безопасности, продукция по техническим параметрам отвечает мировых аналогам. Реализует системы адресно-аналоговой сигнализации «ЮНИТРОНИК», «МИНИТРОНИК» с автоматическим программированием, извещатель дыма «ОДИН ДОМА», учитывает требования к системе дымоудаления в многоэтажном доме [23].

НПО «Сибирский Арсенал». Продукция на рынке представлена с 1992 года, проектирует и выпускает полный спектр оборудования для противопожарных и охранных сигнализаций, товары отвечают международным требованиям ISO 9001. Изготавливает извещатели и приёмо-контрольные приборы, оборудование автоматического срабатывания пожаротушения, проводные и беспроводные извещатели, электромонтажные и контрольно-пусковые шкафы [24].

НВП «БОЛИД». За годы существования освоило выпуск более 150 приборов и оборудования для систем вентиляции, пожарной безопасности, видеонаблюдения и управления инженерными коммуникациями зданий [25].

ООО ЕвроВентГруп. Занимается проектированием, изготовлением и монтажом систем вентиляции зданий различного назначения [26].

СВОК. Имеет собственный конструкторский отдел и современные производственные мощности, разрабатывает и изготавливает комплекс оборудования для вентиляционных систем [27].

ООО НЭМЗ «ТАЙРА». Более 500 профессиональных сотрудников, имеет представительства в зарубежных странах. Производит как комплексные системы, так и отдельное оборудование, автоматику к монтажу воздуховодов [28].

Современные системы дымоудаления являются интегрированными, т.е. существуют совместно с другими системами безопасности: пожарной и охранной сигнализацией. Широко распространёнными и используемыми являются системы Болид С2000, Гранит от НПО «Сибирского Арсенала» и другие. Однако в виду сложности модернизации подобного оборудования в «старых» домах и строениях можно встретить следующие виды:

1. ИУК-31. Универсальный контроллер от компании Агрострой, применяется для удаления опасного дыма из помещения и других инженерных систем. Имеет сертификат пожарной безопасности и поддерживает популярный сетевой протокол ModBUS [29].
2. Юнитроник 496. Является адресно-аналоговым приёмо-контрольным устройством и применяется для охранной и пожарной сигнализации, а так же управлением пожарной автоматикой. На базе Юнитроника 496 можно собрать и спроектировать охранную и пожарную сигнализацию,

систему дымоудаления, настроить звуковое и световое оповещение и контроль загазованности на парковке (рис. 9).

3. ГАПУ-2. Устанавливается в сооружениях высотой от 14 до 25 этажей, может управляться в ручном или автоматическом режимах. Секции дома имеют отдельный шкаф, на этажах монтируются заслонки, клапаны и тепловые датчики [30].
4. ОПЖР. Предназначена для высотных зданий, имеет несколько модификаций. Может функционировать автоматически или управляться диспетчером. В состав системы входят датчики, пакетные переключатели, кнопки управления и сигнализации, клапаны или заслонки [31].
5. ШПС-МВ. Автоматически или вручную запускает воздушные вентиляторы, перекрывает противодымные клапаны [32].
6. ППСДУ-32А. Универсальный прибор контроля и управления противодымными системами, может выполнять автоматический анализ технического состояния и предупреждать о выявленных неисправностях системы [33].
7. УСПП-48. Сигнально-пусковое противопожарное устройство, подключается к дымоудалению из зданий различной высотности. Контролирует состояние до 48 отдельных шлейфов сигнализации с извещателями и оборудованием управления.

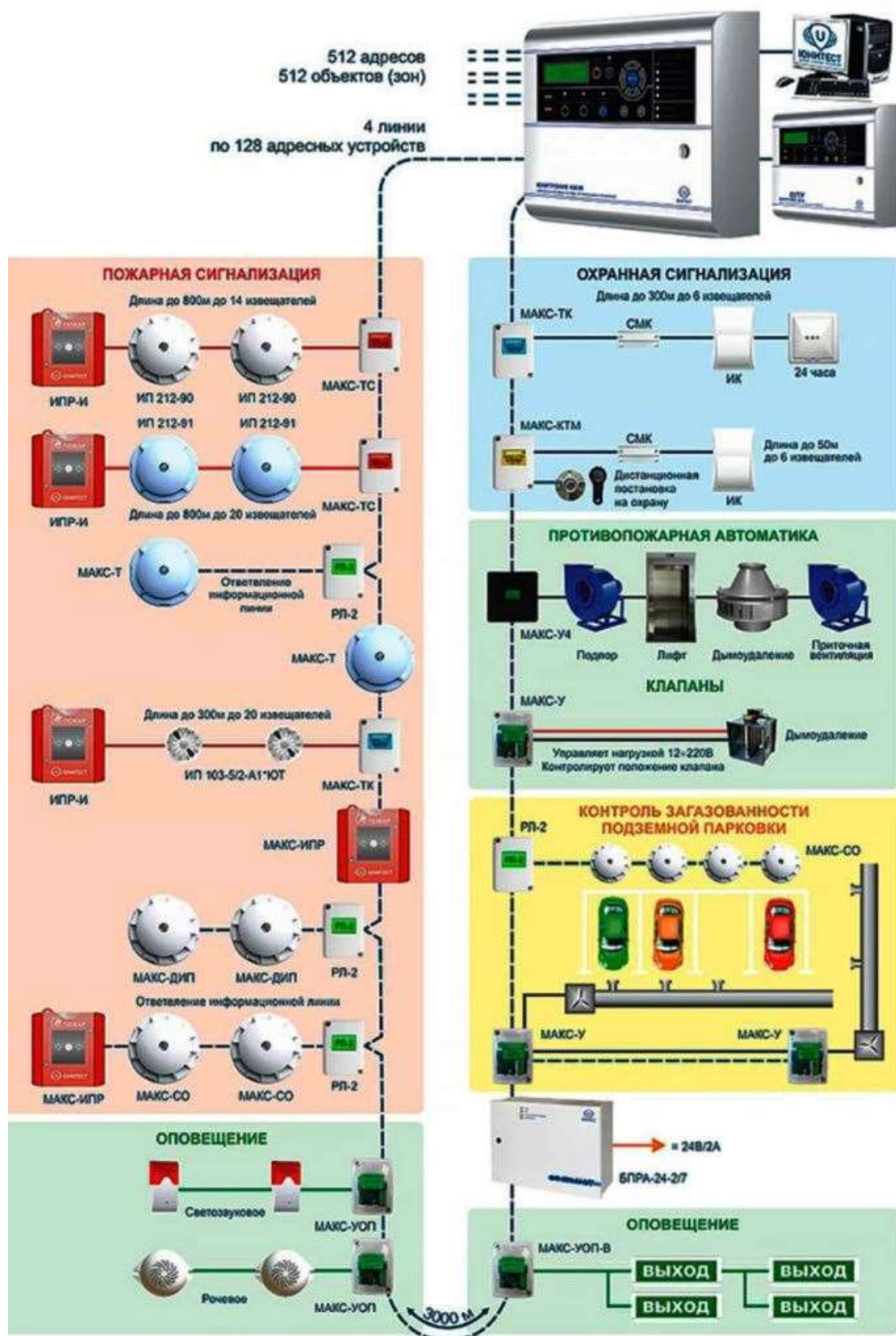


Рисунок 9 – Схема ААПК Юнитроник 496

1.3 Обзор зарубежных систем дымоудаления

На российском рынке систем автоматического дымоудаления можно встретить продукцию и зарубежных компаний, которая является прямым конкурентом российских систем. Однако, начиная с 2014 года, количество зарубежных производителей неуклонно снижается. Прежде всего, это связано с санкционной политикой ряда зарубежных стран, которые ввели санкции в отношении Российской Федерации, что, безусловно, негативно сказалось на представленном ассортименте продукции на российском рынке систем дымоудаления. Вторым немаловажным фактором стала цена. В 2015 году российский рубль ослабел по отношению к доллару и евро более чем в два раза, что сделало конкуренцию с российскими аналогами практически невозможной, т.к. при проектировании системы дымоудаления уделяется внимание не только отказоустойчивости системы, её корректной работе, но и последующему обслуживанию, а это и наличие запасных частей, техническая поддержка и конкурентно-способная цена.

В некоторых современных торгово-развлекательных комплексах, моллах, спортивных площадках, бизнес-центрах, дворцах культуры и спорта, и других локаций с большим пребыванием людей, часто можно встретить системы дымоудаления функционирующие на оборудовании зарубежных производителей, таких как – Honeywell, Sauter, JCI, Siemens, ТАС и прочих.

Notifier by Honeywell – интегрированная адресно-аналоговая система пожарной сигнализации обеспечивает одновременный контроль большого количества независимых групп помещений, быстрое обнаружение пожара, передачу информации о точном месте возгорания, управление автоматическими установками пожаротушения, дымоудаления, системой оповещения и управления эвакуацией.

Приёмно-контрольная панель NFS3030RUS анализирует данные и принимает решение о наличии возгорания и правильности функционирования каждого извещателя [34].

Система автоматизации и диспетчеризации инженерного оборудования Sauter состоит из диспетчерского пункта и шкафов автоматики, в которых

размещаются программируемые контроллеры, обеспечивающие функции управления и сбора данных. В шкафах применяются контроллеры [35]:

- Nova 106 – каркасный контроллер с числом входов/выходов до 144, может иметь произвольный набор каналов разного типа;
- Nova 220 – моноблочный контроллер с 68 входами/выходами;
- Nova 210 – моноблочный контроллер с 40 входами/выходами;
- Nova 230 – моноблочный контроллер с 40 входами/выходами и интерфейсом для подключения локальных шин других фирм – производителей с протоколами обмена данными Modbus, Lon, EIB.

Система дымоудаления компании VKT. Вентилятор радиальный дымоудаления применяется в аварийных системах вытяжной вентиляции производственных, общественных, жилых, административных и других помещений (кроме категорий А и Б взрывопожарной опасности НПБ 105-03).

Применение вентилятора ВР осуществляется в соответствии с требованиями СНиП 2.04.05-91 и СП 60.13330.2012.

Для эффективной работы аварийных систем применяют приводы компании Siemens для противопожарных клапанов. Они обеспечивают открытие и закрытие клапанов при возникновении аварийной пожарной ситуации. Все исполнительные механизмы для клапанов Siemens снабжены пружинным возвратом. Модели GNA326 и GGA326 работают от питания с напряжением 220В, GNA126 и GGA126 активируются питанием с напряжением 24В. При возникновении возгорания в помещении противопожарная сигнализация даёт сигнал на закрытие огнезащитных заслонок и открытие заслонок системы дымоудаления [36]. Этими действиями прекращается подача свежего воздуха в помещение с возгоранием и исключается попадание потока раскаленных газов в другие комнаты. Приводы Siemens для противопожарных клапанов зарекомендовали себя с самой лучшей стороны. Они выполнены с высочайшим качеством и отличаются высоким уровнем надежности.

TAC Xenta building management system. Система управления зданием предназначена для централизованного управления инженерным оборудованием и управления климатом в помещениях. Центральным

элементом является компьютер с программой ТАС Vista. Компьютер и локальные контроллеры ТАС Xenta соединены в сеть LonWorks [37].

LonWorks – открытая технология, поддерживаемая такими производителями как, ТАС, Siemens, Honeywell, Jonsons Control, Regin. Каждый контроллер ТАС Xenta управляет определённой технологической установкой (например, центральный кондиционер, система дымоудаления). Все контроллеры ТАС Xenta и центральный компьютер с программой ТАС Vista соединены кабелем типа «витая пара», по которой происходит обмен информацией [38].

2 Объект и методы исследования

2.1 Общие сведения об объекте

Дворец культуры «Победа» расположен в северо-восточной части города по улице Ленинградская, 18. Подъездные дороги к ДК «Победа» асфальтированные. Дворец культуры «Победа» 1957 года постройки, расположен в отдельно стоящем трёх этажном здании, имеет подвальное помещение по всей площади здания и чердак. Размеры здания в плане: длина 43 м, ширина 34 м, общей площадью 5166 м². Высота здания с чердаком составляет 19,4 м. Наружные стены и внутренние перегородки кирпичные. Междуэтажные перекрытия железобетонные. Высота зрительного зала 9,7 м, высота сцены от планшета до колосниковых решёток 6 м, до перекрытия составляет 8,5 м. Планшет сцены деревянный. Площадь сцены 155 м². Площадь кармана сцены 33 м². На сцене имеются две стационарные металлические лестницы, ведущие непосредственно на колосники. На втором этаже из комнат художественного цеха и осветительной имеются выходы на уличные балконы. Имеются 3 внутренних лестничных клетки с лестничными маршами. Над зрительным залом имеется подвесной потолок по металлическим фермам из сгораемого материала с утеплителем из оргалит-плитки. Внутренняя сторона оштукатурена. Кровля здания металлическая по деревянной обрешетке, обработанная огнезащитным составом. Класс функциональной пожарной опасности Ф 2.1.

- Общая площадь здания – 5166,3 м²;
- Площадь подвального помещения – 1219,6 м²;
- Площадь первого этажа – 1219,6 м²;
- Площадь второго этажа – 1219,6 м²;
- Площадь третьего этажа вместе с чердаком – 1219,6 м²;
- Площадь чердака – 288 м².

Дворец культуры «Победа» относится к II классу сооружений в соответствии с чем степень долговечности – II, СО – II.

Здание оборудовано системами водяного отопления и ГВС, водопроводом, канализацией с выпуском в городскую сеть, приточно-вытяжной вентиляцией, электросетью с напряжением 380/220В и слаботочными устройствами: телефоном, кнопкой экстренного вызова полиции и оповестительной сигнализацией, автоматической пожарной сигнализацией, подключенной к пульту пожарной охраны на ЦППС, и системой оповещения людей о пожаре.

В здании дворца культуры имеется основное и аварийное освещение, электрощитовая расположена в подвальном помещении. Аварийное освещение осуществляется от аккумуляторных батарей, помещение, в котором они установлены, расположено в подвале.

Вентиляция приточно-вытяжная, вентиляционные камеры расположены в подвале здания. Над сценой установлен дымовой люк, открытие которого осуществляется со сцены вручную при помощи лебёдки через редуктор. Подъезды к зданию обеспечены с четырёх сторон.

В здании расположены следующие помещения:

1. Сцена с карманом;
2. Основной зал;
3. Малый зал;
4. Зал малого хора;
5. Музей трудовой славы;
6. Духовой оркестр;
7. Костюмерные;
8. Театр;
9. Танцевальный класс;
10. Столярный цех;
11. Художественный цех;
12. Административные кабинеты;
13. Гардероб.

2.1.1 Системы обнаружения пожара, оповещения и управления

В соответствии с требованиями НПБ 110-03 и СНиП 2.08.02.-89 дворец культуры «Победа» оборудован автоматической пожарной

сигнализацией и системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (акт выполненных работ от 15.01.2009г. с ООО «Импульс») [39]. Дворец культуры «Победа» оборудован системой водяного пожаротушения. Распоряжение №7/831 от 29.11.2010г., в соответствии с годовым планом-графиком, составляемым с учётом технической документации заводов-изготовителей, и сроками проведения ремонтных работ.

2.1.2 Системы коллективной защиты людей от опасных факторов пожара

Система коллективной защиты людей во дворце культуры «Победа» соответствует требованиям, предъявляемым к зданиям функционального назначения Ф 2.1. и обеспечивает их безопасность в течение всего времени необходимого для эвакуации людей в безопасную зону. Безопасность людей при эвакуации обеспечена посредством объёмно-планировочных и конструктивных решений принятых в здании, устройством автоматической пожарной сигнализацией и системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, проведением систематических тренировок с обслуживающим персоналом по эвакуации людей.

2.1.3 Огнестойкость и пожарная опасность строительных конструкций

Пределы огнестойкости строительных конструкций для культурно-зрелищных учреждений [40]:

- несущие элементы здания – не менее R 90;
- наружные ненесущие стены – не менее E 15;
- перекрытия междуэтажные – не менее REI 45;
- внутренние стены лестничных клеток – не менее REI 90;
- марши и площадки лестниц лестничных клеток – не менее R 60.

Класс пожарной опасности строительных конструкций зданий СО соответствуют требованиям табл.№22 ФЗ-123 от 22.07.2008 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (табл. 1).

Таблица 1– Класс пожарной опасности лестничных клеток

Вид строительных конструкций	Класс пожарной опасности, требуемый	Класс пожарной опасности, принятый
Несущие элементы здания	К0	К0
Стены наружные с внешней стороны	К0	К0
Перегородки, перекрытия и чердачные покрытия	К0	К0
Стены лестничных клеток и противопожарные преграды	К0	К0
Марши и площадки лестничных клеток	К0	К0

По пожарной опасности строительные конструкции подразделяются на четыре класса [40]:

- К0 – не пожароопасные;
- К1 – малопожароопасные;
- К2 – умеренно пожароопасные;
- К3 – пожароопасные.

Облицовочные материалы и покрытие полов на путях эвакуации выполнены в соответствии с требованием Правил противопожарного режима в Российской Федерации (утв. постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. №390).

2.1.4 Первичные средства пожаротушения

Первичными средствами пожаротушения порошковыми огнетушителями ОП-5(3)-АВСЕ, защищены все структурные подразделения, и технические помещения зданий в количестве – 30 шт., которые пронумерованы и зарегистрированы в журнале согласно Правилам противопожарного режима в Российской Федерации (утв. постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. №390).

Пожарные краны в количестве 16 штук, пронумерованы, оборудованы стволами и рукавами, рукава подсоединены к кранам.

2.1.5 Источники противопожарного водоснабжения

Здание оборудовано внутренним противопожарным водопроводом диаметром 50 мм, на котором установлено 16 пожарных кранов. Давление в водопроводной сети обеспечивает работу двух пожарных стволов «Б».

Сцена и порталный проём оборудованы дренчерной установкой водяного пожаротушения. Помещение костюмерной, столярной мастерской и художественной мастерской оборудованы спринклерной установкой пожаротушения. Выносной щит сигнализации расположен на посту дежурного, на первом этаже. Запуск систем пожаротушения производится автоматически. Ручной запуск осуществляется с выносного щита у дежурного.

Наружное противопожарное водоснабжение обеспечивается от 3-х ближайших пожарных гидрантов, на кольцевом водопроводе диаметром 150 мм, расположенных по улице Ленинградская на расстоянии 28 и 40 метров.

2.1.6 Меры противопожарного режима на территории объекта

Противопожарные расстояния между дворцом культуры «Победа» и соседними зданиями, приняты в соответствии СНИП 2.07.01-89.

Проезд пожарной техники предусмотрен со всех сторон здания. Покрытие парковки и проездов предусмотрено из асфальтобетона с ограничением бортовым камнем. Обеспечен подъезд к эвакуационным выходам и к местам расположения пожарных гидрантов.

Здание дворца культуры «Победа» расположено на расстоянии 1 км от пожарной части (по дорогам с твёрдым покрытием), расчётное время прибытия составляет 2 минуты. На вооружении пожарной части принято автомобили основного назначения – 2 единицы (автоцистерна АЦ-40), и специальный автомобиль (автолестница АЛ-30).

2.1.7 Данные о пожарной нагрузке

В отделке помещений присутствуют горючие материалы: линолеум, ковровое покрытие, деревянная мебель, обои, подвесные потолки, отделочные материалы, вещества и материалы и т.д.

Основной горючей загрузкой является деревянный пол на сцене и деревянный пол, покрытый линолеумом в зрительном зале, соответственно до 100кг/м^2 и до 50 кг/м^2 . Кресла деревянные, сиденья и спинки обшиты синтетической тканью.

В зданиях театров и дворцов культуры на сцене огонь распространяется, в основном, по горючим материалам, декорациям, мебели и оборудованию со скоростью $1,0\text{-}3,0\text{ м/мин}$. Из помещений огонь и продукты сгорания распространяются в коридоры. Если лестничные клетки не отделены от коридоров, тогда продукты сгорания и огонь быстро распространяются на вышерасположенные этажи и могут отрезать пути эвакуации.

Быстрому распространению огня и дыма способствуют системы вентиляции, воздушного отопления, мусоропроводы, а также пустоты в конструкциях зданий. Скорость распространения огня в таких зданиях достигает $2,0\text{-}3,0\text{ м/мин}$, а в коридорах, галереях и переходах иногда $4,0\text{-}5,0\text{ м/мин}$.

3 Расчёты и аналитика

3.1 Проектирование автоматического привода открытия люка дымоудаления

В настоящее время в ДК «Победа» над сценой имеется люк дымоудаления с ручным приводом открытия, которое осуществляется по средством ручной лебёдки, установленной на сцене. Главным минусом такого привода является то, что во время задымления в зрительном зале, может отсутствовать возможность открытия люка вручную, что в свою очередь, приведёт к повышению угрозы жизни людей, находящихся в зрительном зале.

Электрический привод открытия лишён этих недостатков в виду того, что команда на открытие или закрытие люка, подаётся в автоматическом режиме, исключая человеческий фактор, а также условия в помещении (высокая температура, задымлённость, ограниченная видимость).

В основном, люки дымоудаления оснащаются пневматическими и электрическими приводами.

Принцип действия пневматического привода состоит в использовании кинетической энергии сжатого газа – двуокиси углерода (CO_2). Пневматические приводы люков дымоудаления оснащаются пневматическими цилиндрами диаметром 32-63 мм, с рабочим давлением 6-10 бар и тяговым усилием 480-1870Н.

Принцип действия электрического привода основан на преобразовании электрической энергии в механическую. Электрические приводы оснащаются электродвигателями с напряжением 24В, током – 0,8-6А и тяговым усилием 650-2150Н. Выбор мощности электродвигателя зависит от размера люка дымоудаления.

В данной работе в качестве двигателя выбран шаговый двигатель NEMA 34 86SHD4703-35B с драйвером управления (рис.10) и габаритными размерами, представленными на рисунке 11.

В качестве ходового винта выбрана шарико-винтовая [42] передача SFU1605, диаметром 16,05 мм, шагом винта 4 мм, длиной 1000 мм, произведённая по технологии холодной накатки (рис. 12-14).



Рисунок 12 – Ходовой винт ШВП с гайкой

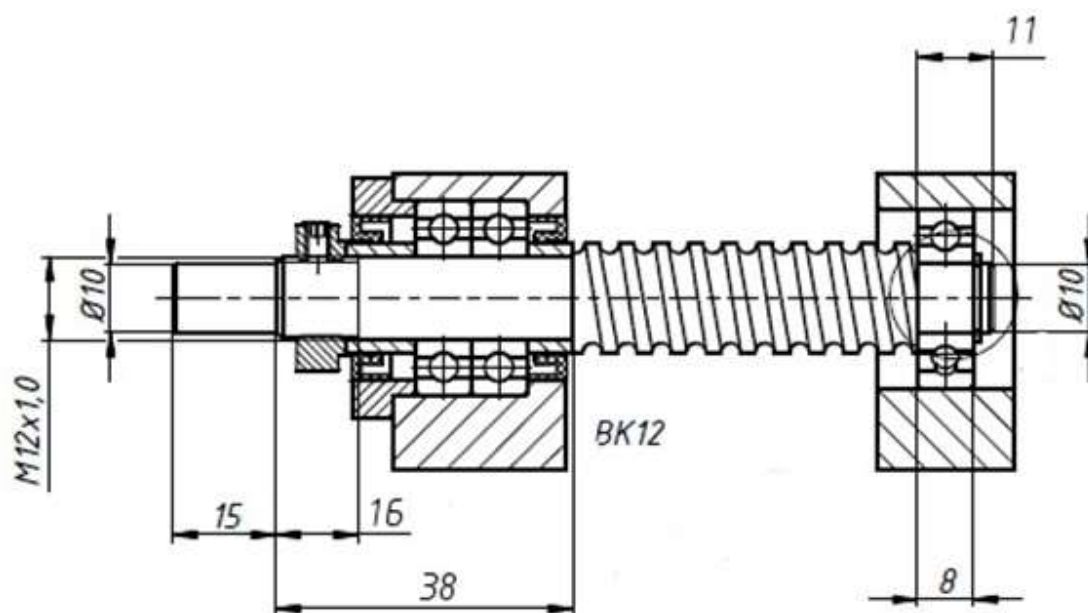


Рисунок 13 – Ходовой винт ШВП опорой BK12

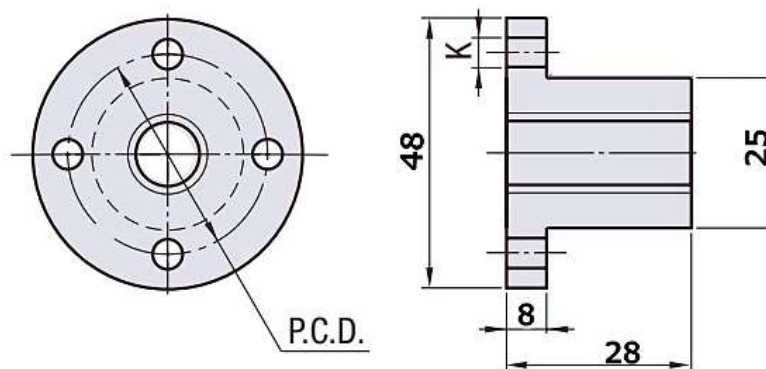


Рисунок 14 – Гайка латунная ШВП

Так как диаметр резьбовой части 16,05 мм, то посадочные места под подшипники ВК12 составляют 10 мм (рис. 15). Внешний вид подшипника представлен на рисунке 15.



Рисунок 15 – Места для установки опор



Рисунок 16 – Опора ВК12

В качестве соединительного элемента между гайкой ШВП и люком дымоудаления предлагается использовать газовый упор марки UPOR-066 с давлением 690 Н (рис. 17).

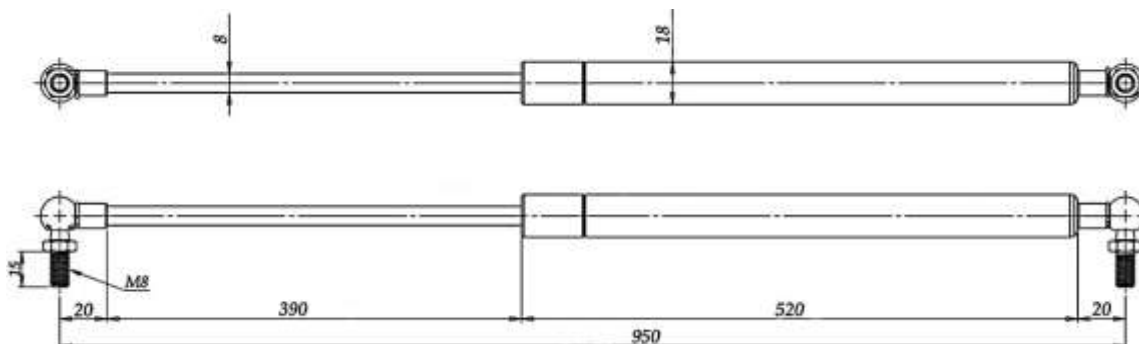


Рисунок 17 – Характеристики UPOR-066

Согласно СП 131.13330.2012 «Строительная климатология», регламентирующего расчётные климатические параметры холодного периода года для проектирования систем вентиляции на объектах в различных городах и регионах Российской Федерации, пределы огнестойкости заполнения проёмов (дверей, ворот, окон и люков, а также фонарей, в т.ч. зенитных, и других светопрозрачных участков настилов покрытий) не нормируются, за исключением специально оговоренных случаев и заполнения проёмов в противопожарных преградах [43].

Следовательно, в качестве материала для крышки люка дымоудаления применяем стальные оцинкованные листы толщиной 1 мм, а для тепловой изоляции – материал базальтовый огнезащитный рулонный (МБОР-5Ф) толщиной 5 мм с фольгированным покрытием. Данный материал выбран исходя из его минимальной нагрузки на конструкцию; стойкости к высоким температурам (до 900°C) и негорючести. МБОР представляет собой мат из супертонких базальтовых волокон без связующего, прошитый вязально-прошивным способом, кашированный с одной или более сторон алюминиевой фольгой, полиэтинированной армированной алюминиевой фольгой.

Исходя из габаритных параметров крышки люка дымоудаления, а также материалов, применяемых для её изготовления, вес крышки люка составит 15,6 кг. Подключение компонентов системы дымоудаления представлено на рисунке 18.

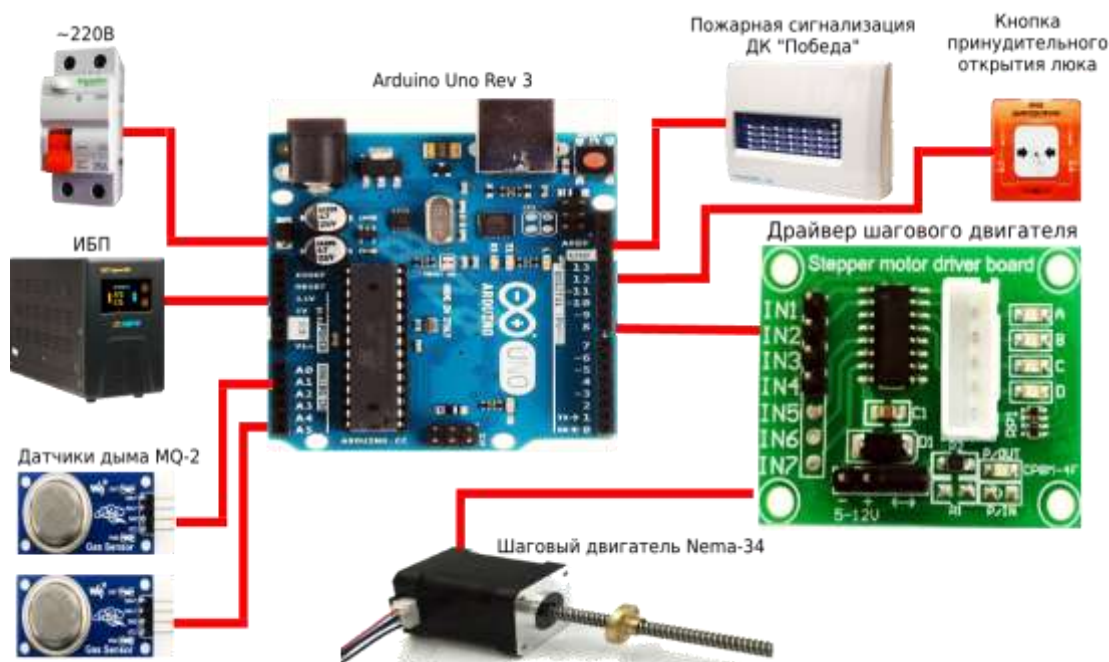


Рисунок 18 – Подключение компонентов системы дымоудаления

Для управления люком дымоудаления в автоматическом режиме предлагается использовать драйвер шагового двигателя и аппаратную платформу Arduino Uno ATmega328. Платформа имеет 14 цифровых вход/выходов, 6 аналоговых входов, кварцевый генератор 16 МГц, разъём USB, силовой разъём, разъём ICSP и кнопку перезагрузки [44].

В качестве драйвера управления шаговым двигателем используется драйвер A4988. Схема подключения шагового двигателя и драйвера управления к Arduino Uno представлена на рисунке 19.

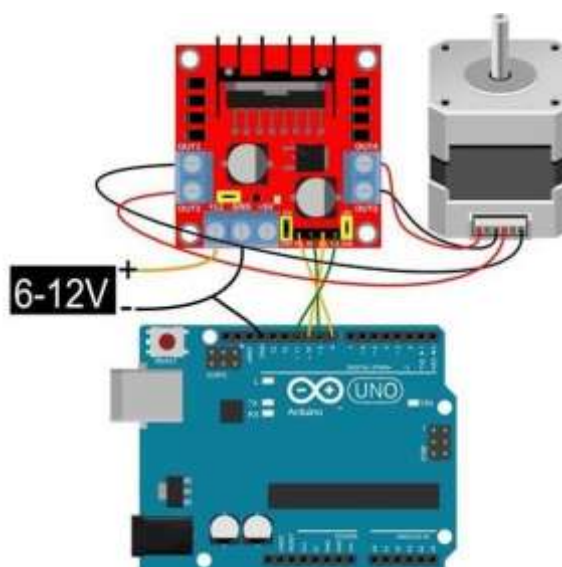


Рисунок 19 – Схема подключения двигателя и драйвера к Arduino

Для повышения надёжности предлагаемой системы управления предусмотрим два датчика дыма MQ-2 (рис. 20), которые будут устанавливаться непосредственно возле люка дымоудаления [45]. Использование двух датчиков дыма обусловлено, прежде всего, тем, что один из датчиков в процессе работы может выйти из строя, следовательно, второй датчик будет выполнять те же самые функции что и первый, при этом система останется работоспособной.



Рисунок 20 – Датчик дыма MQ-2

Датчик MQ-2 чувствителен к дыму и воспламеняющимся газам, таким как: сжиженному природному газу, бутану, пропану, метану, спирту, водороду. Сопротивление датчика изменяется в зависимости от типа газа. Чувствительность датчика настраивается при помощи встроенного потенциометра.

Принцип работы датчика дыма следующий: напряжение, выдаваемое датчиком, изменяется в зависимости от уровня дыма/газа в окружающей атмосфере. Другими словами, выходное напряжение и концентрация дыма/газа пропорциональны друг другу, т.е. чем выше концентрация газа, тем выше выходное напряжение, и наоборот, чем ниже концентрация газа, тем ниже выходное напряжение

Систему управления люком дымоудаления подключим к пожарной сирене, установленной в ДК «Победа». Таким образом, система будет срабатывать в автоматическом режиме при срабатывании sireны или при детектировании датчиками дыма, нахождения газа/или дыма в помещении зрительного зала. Схема подключения системы управления люком дымоудаления представлена на рисунке 21.

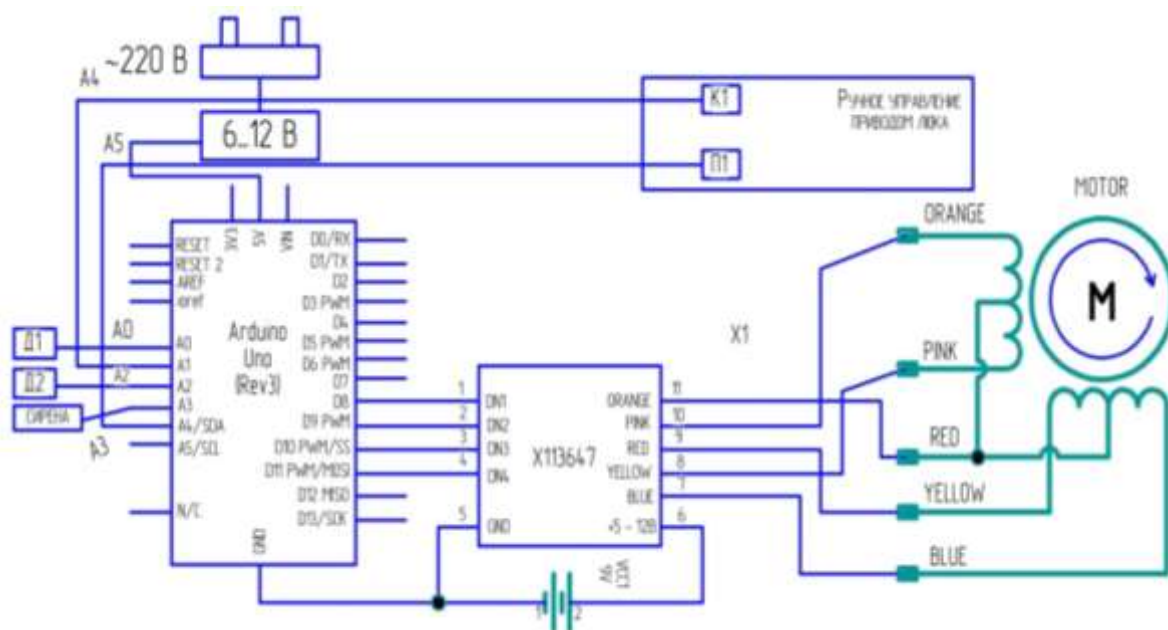


Рисунок 21 – Электрическая схема подключения двигателя и драйвера управления к Arduino

К1 – кнопка включения/отключения управления люка, находится в помещении вахтёра ДК «Победа»;

П1 – потенциометр, обеспечивает изменения направления вращения и скорости вращения;

Д1, Д2 – датчики дыма MQ-2.

Система крепления люка дымоудаления представлена на рисунке 22.

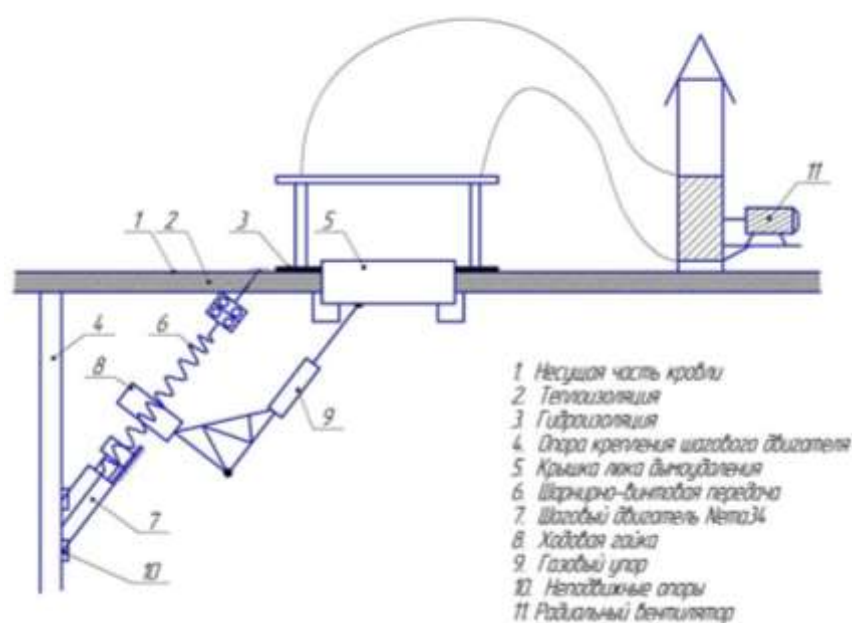


Рисунок 22 – Схема креплений и управления люком дымоудаления

Для того чтобы заставить двигатель вращаться по часовой стрелке, необходимо попеременно подавать напряжение на его выходы в соответствии с таблицей 2.

Таблица 2 – Управление двигателем в шаговом режиме

Контакт мотора	Фазы для шагового режима			
	1	2	3	4
Оранжевый	+	+		
Жёлтый		+	+	
Розовый			+	+
Синий	+			+

Драйвер управления A4988 представляет из себя сборку Дарлингтона из семи независимых транзисторных пар Дарлингтона в одном корпусе. Каждая пара Дарлингтона представляет из себя каскад из двух биполярных транзисторов. Исходный код управления люком дымоудаления представлен на рисунке 23.

```

Arduino (C++) 1 // Контакты Bl Pi Ye Or
2 int pins[] = {8, 9, 10, 11}; //Задаем пины по порядку
3 int buttonPin = 5;
4 int potPin = A0;
5
6 int phases = 8; // для шагового режима установить 4
7
8 // Для шагового режима
9 //bool motorPhases[4][4] = { // [phase][pin]
10 //----- pins -----
11 // Winding A B A B
12 // Motor Pin 1 2 3 4
13 // Color Bl Pi Ye Or
14 // { 1, 1, 0, 0},
15 // { 0, 1, 1, 0},
16 // { 0, 0, 1, 1},
17 // { 1, 0, 0, 1}
18 //};
19
20 // Для полушагового режима
21 bool motorPhases[8][4] = { // [phase][pin]
22 //----- pins -----
23 // Winding A B A B
24 // Motor Pin 1 2 3 4
25 // Color Bl Pi Ye Or
26 { 1, 1, 0, 0},
27 { 0, 1, 0, 0},
28 { 0, 1, 1, 0},
29 { 0, 0, 1, 0},
30 { 0, 0, 1, 1},
31 { 0, 0, 0, 1},
32 { 1, 0, 0, 1},
33 { 1, 0, 0, 0}
34 };
35
36 void setup() {
37 for (int i = 0; i < 4; i++) pinMode(pins[i], OUTPUT);
38 pinMode(buttonPin, INPUT);
39 pinMode(potPin, INPUT);
40 //Serial.begin(9600);
41 }
42
43 int phase = 0;
44 int _step = 1; // Если у шага поменять знак, на -1 - изменится направление вращения.
45 //int delaytime=1000; //В микросекундах для более точного регулирования скорости
46
47 void loop() {
48 int delaytime = map(analogRead(potPin), 0, 1023, 1000, 16000);
49
50 bool isButtonDown = digitalRead(buttonPin);
51 //Serial.println(isButtonDown);
52 if (isButtonDown) {
53 _step = -_step;
54 delay(500); // Делаем паузу, чтобы отсеч дребезг
55 }
56
57 phase += _step;
58 if (phase > 7) phase = 0;
59 if (phase < 0) phase = 7;
60
61 for (int i = 0; i < 4; i++) {
62 digitalWrite(pins[i], ((motorPhases[phase][i] == 1) ? HIGH : LOW));
63 }
64 // Пауза на вращение на один шаг/полушаг
65 //delay(2); // Для шагового режима установить в 3
66 delayMicroseconds(delaytime);
67 }

```

Рисунок 23 – Листинг программы управления

Теперь можно управлять шаговым двигателем при помощи предустановленной библиотеки Stepper.h. (рис. 24) Эта библиотека имеет четыре функции (табл. 3).

Таблица 3 – Функции в библиотеке Stepper.h

Функция	Описание
Stepper(steps, pin1, pin2) Stepper(steps, pin1, pin2, pin3, pin4)	Создаёт новый экземпляр класса Stepper с заданными параметрами (вызывается в начале скетча перед процедурами setup() и loop()): steps – число шагов в полном обороте двигателя pin1...pin4 – выходы Arduino, к которым подключен двигатель
setSpeed(rpm)	Устанавливает скорость вращения двигателя: rpm – количество оборотов в минуту
step(steps)	Команда вращения на заданное количество шагов. steps>0 в одну сторону steps<0 в противоположную. steps – количество шагов со скоростью, заданной функцией setSpeed (rpm)

```

Arduino (C++)  1  #include <Stepper.h>
                2
                3  // указываем количество шагов нашего мотора - в нашем случае 64
                4  #define STEPS 64
                5
                6  // Создаем экземпляр класса Stepper, и указываем
                7  // количество шагов и пины подключения
                8  Stepper stepper(STEPS, 8, 9, 10, 11);
                9
               10  // переменная для запоминания предыдущего значения
               11  int previous = 0;
               12
               13  void setup() {
               14      // Устанавливаем скорость вращения в об/мин
               15      stepper.setSpeed(30);
               16  }
               17
               18  void loop() {
               19      // новое значение полученное с датчика
               20      int val = analogRead(0); // При подключении датчика, 0 заменить на пин датчика
               21
               22      // Прокрутить на разницу шагов между новым полученным значением и предыдущим
               23      stepper.step(val - previous);
               24
               25      // Запоминаем новое полученное значение
               26      previous = val;
               27  }

```

Рисунок 24 – Библиотека Stepper.h для управления шаговым двигателем

Разработанная система автоматического управления люком дымоудаления ДК «Победа» проста в инсталляции и обслуживании, обладает высокой стабильностью в работе и отказоустойчивостью, дополнительно произведено дублирование основных органов мониторинга системы.

3.2 Расчёт параметров системы дымоудаления из зрительного зала

При возникновении очага пожара над ним образуется восходящий поток — конвективная колонка. Поднимающиеся в ней газы достигают потолка, распространяются по нему и образуют подпотолочный слой продуктов горения.

Если площадь очага пожара F_{Γ} ограничена, через определённый промежуток времени величина расхода дыма, G_k , поступающего в подпотолочный слой с конвективной колонкой, стабилизируется во времени. Для того чтобы высота незадымляемой зоны Z оставалась постоянной, необходимо соблюдение равенства массовых расходов дыма, удаляемого из помещения, G_y , и дыма, поступающего в подпотолочный слой из конвективной колонки, G_k [46].

Соответственно, необходимо определить такую площадь устройства дымоудаления, при которой соблюдается условие $G_y = G_k$ при заданной высоте незадымляемой зоны Z .

Рассмотрим систему дымоудаления с естественным побуждением тяги в помещении при небольшом очаге пожара. На рисунке 25 представлена схема данной системы дымоудаления [46].

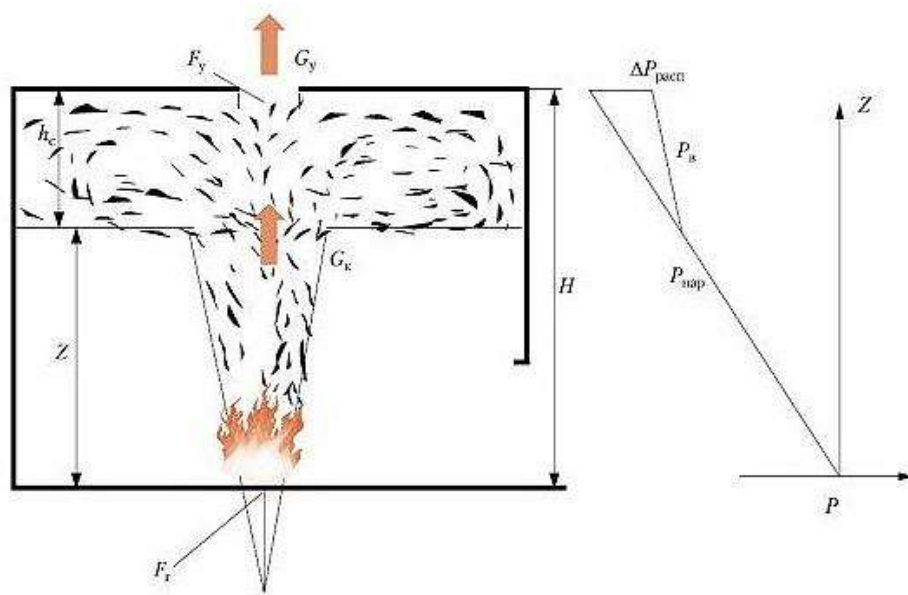


Рисунок 25 – Обеспечение незадымлённой зоны в помещении

При расчёте используются следующие обозначения: F_r – площадь очага пожара, м^2 ;

Z – высота незадымляемой зоны, м;

H – высота помещения от пола до места выброса дыма, м;

h_c – толщина слоя дыма, м;

F_y – площадь проема дымоудаления, м^2 ;

G_k – массовый расход дыма, поступающего в подпотолочный слой из конвективной колонки, кг/с ;

G_y – массовый расход удаляемого дыма, кг/с ;

$P_{\text{нар}}$ – полное давление снаружи помещения, Па;

$P_{\text{в}}$ – давление внутри помещения, Па;

$\Delta P_{\text{расп}}$ – располагаемый перепад давления (разность давлений внутри помещения и вне его на уровне проема дымоудаления), Па.[13]

Расход дыма, поступающего в подпотолочный слой, можно определить по формуле:

$$G_k = 0.032 \cdot Q^{3/5} \cdot Z \quad (1)$$

где, Q – конвективная составляющая мощности очага пожара (часть тепловыделения пожара, идущая на нагрев продуктов горения), кВт;

$$G_k = 0.032 \cdot 448.74^{3/5} \cdot 2.5 = 2.16 \text{ кг/с}$$

Определив величину расхода удаляемого дыма, произведём расчёт требуемой площади отверстий дымоудаления:

$$F = \frac{G_k}{\left[\mu (\rho_{\text{п.г.}} \cdot \Delta P_{\text{расп}})^{0.5} \right]} \quad (2)$$

где, μ – коэффициент расхода устройства дымоудаления (принимается равным 0,64);

$\rho_{\text{п.г.}}$ – плотность продуктов горения, кг/м^3 .

$$F = \frac{2.16}{[0.64 \cdot (0.747 \cdot 3.19)^{0.5}]} = 2.25 \text{ м}^2$$

Для устройств дымоудаления, находящихся в покрытии помещения, перепад давления рассчитывается по формуле:

$$\Delta P_{\text{расп}} = g \cdot (H - Z) \cdot (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{п.г.}}) \quad (3)$$

где, g – ускорение свободного падения, м/с^2 ;

$\rho_{\text{н}}$ – плотность наружного воздуха, кг/м^3 .

$$\Delta P_{\text{расп}} = 9.81 \cdot (9.7 - 2.5) \cdot (1.2 - 0.747) = 31.9 \text{ Па}$$

Плотности воздуха и продуктов горения рассчитываются по их температурам:

$$\rho_{\text{н}} = \frac{353}{t_{\text{н}} + 273}; \quad \rho_{\text{н.г.}} = \frac{353}{t_{\text{н.г.}} + 273} \quad (4)$$

$$\rho_{\text{н}} = \frac{353}{20 + 273} = 1.2 \text{ кг/м}^3; \quad \rho_{\text{н.г.}} = \frac{353}{206 + 273} = 0.747 \text{ кг/м}^3$$

Согласно СП 7.13130.2013 при расчёте систем с естественным побуждением тяги температура наружного воздуха принимается для тёплого периода года. Следовательно, температура продуктов горения определяется из уравнения теплового баланса:

$$t_{\text{п.г.}} = \frac{Q}{c_p \cdot G_k} + t_{\text{н}} \quad (5)$$

$$t_{\text{п.г.}} = \frac{448.74}{1.09 + 2.16} + 20 = 206^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{п.г.}} = 206 + 273 = 479 \text{ K}$$

В свою очередь, конвективную составляющую мощности пожара Q можно определить по формуле:

$$Q = (1 - \varphi) \cdot Q_{\text{н}} = (1 - \varphi) \eta \cdot Q_p \cdot \psi_{\text{уд}} \cdot F_r \quad (6)$$

$$Q = (1 - 0.4) \cdot 0.9 \cdot 13850 \cdot 0.015 \cdot 4 = 448.74 \text{ кВт}$$

Объёмный часовой расход удаляемого дыма L найдём из выражения:

$$L = \frac{3600 \cdot G_k}{\rho_{\text{п.г.}}} = \frac{3600 \cdot 2.16}{0.747} = 10410 \text{ м}^3/\text{ч} \quad (7)$$

3.3 Результаты исследования по определению прогноза развития пожара в ДК «Победа»

Одним из опасных для жизни и здоровья людей факторов пожара являются задымление. От профессионализма и компетентности сотрудников пожарной охраны зависит жизнь и здоровье людей. До прибытия пожарно-спасательных подразделений спасение людей зависит не только от профессионализма и слаженных действий персонала по обеспечению быстрой и качественной эвакуации зрителей, но и от своевременного срабатывания автоматической пожарной сигнализации, и конструктивных элементов данного объекта, с массовым пребыванием людей.

Для объективного изучения эффективности противодымной защиты на объекте, выполним расчёт возможной обстановки пожара.

3.3.1 Расчёт необходимого количества сил и средств. Вариант тушения №1.

Пожар на сценическом комплексе размером 17,3х8,9 м.

Тактический замысел. В результате короткого замыкания на сцене произошло возгорание, создаётся явная угроза распространения огня и дыма в зрительный зал. Исходя из практики, в данных условиях зрительный зал заполняется дымом в течение 1-2 минут. При горении декораций, изготовленных из различных материалов, продукты сгорания содержат большое количество отравляющих веществ. Если в зрительном зале находятся люди, то через 3 минуты с начала интенсивного горения может создаваться угроза их жизни. Конвекционные потоки продуктов сгорания и огонь быстро перемещаются в зрительный зал и создают угрозу чердачному перекрытию и чердаку.

Быстрому распространению огня способствуют нерабочие системы пожаротушения. До прибытия пожарных подразделений тушение пожара осуществляться не будет. Создалась угроза распространения задымления в коридор, смежные помещения и этажи.

Определяем возможную обстановку на пожаре к моменту введения сил и средств первыми подразделениями.

Определим время свободного развития пожара по выражению:

$$T_{\text{св}} = T_{\text{дс}} + T_{\text{сб1}} + T_{\text{сл1}} + 1T_{\text{бр1}} = 3 + 1 + 1.3 + 4 = 9.3 \text{ мин} \quad (8)$$

$$T_{\text{сл1}} = \frac{60 \cdot L}{V_{\text{сл}}} = \frac{60 \cdot 1}{45} = 1.3 \text{ мин} \quad (9)$$

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

$V_{\text{сл}}$ – средняя скорость движения пожарных автомобилей, км/ч;

$T_{\text{дс}}$ – время до сообщения о пожаре (принимая 3 минуты, т.к. имеется АПС и телефон находится в помещении дежурного);

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

$T_{сб1}$ – время, сбора личного состава.

Определяем путь, пройденный фронтом пламени за время свободного развития пожара. Время свободного развития менее 10 минут, следовательно, расчёты производим по формуле:

$$R_1 = 0.5 \cdot V_{л} \cdot T_{св} = 0.5 \cdot 1 \cdot 9.3 = 4.65 \text{ м.} \quad (10)$$

где, $V_{л}$ – линейная скорость распространения пожара на сцене, принимаем 1,0 м/мин.

Пожар на 10 минуте распространяется по полукруговой форме. Определяем площадь пожара:

$$S_{п} = 3.14 \cdot \frac{R^2}{2} = 33.9 \text{ м}^2 \quad (11)$$

Требуемый расход воды на тушение пожара определяем по формуле:

$$Q_{втр} = S_{т} \cdot I_{тр} \quad (12)$$

где, $S_{т}$ – площадь тушения, м;

$I_{тр}$ – требуемая интенсивность подачи воды, 0,2 л/см².

Путь, пройденный огнём меньше глубины тушения пожара ручными стволами, принимаем $S_{т}=S_{п}$.

$$Q_{тр}^т = S_{т} \cdot I_{тр} = 33.9 \cdot 0.2 = 6.78 \text{ л/с} \quad (13)$$

Для локализации и ликвидации пожара необходимо задействовать СТВОЛОВ:

$$N_{ств}^т \text{ "Б"} = \frac{Q_{ттр}}{Q_{ств} \text{ "А"}} = \frac{6.78}{7} = 0.97, \text{ принимаем 1 ствол "А"} \quad (14)$$

Произведём расчёт расхода воды на защиту:

$$Q_{тр}^{тз} = S_{т} \cdot \frac{I_{тр}}{2} = 33.9 \cdot \frac{0.2}{2} = 3.39 \text{ л/с} \quad (15)$$

Из тактических соображений на защиту колосников над сценой подаётся ствол РС-70.

Из расчётов следует, что $Q_{ф}^{тз} < Q_{тр}^в$ ($14 > 10.17$), то пожар будет локализован, следовательно, линейная скорость распространения пожара будет равна нулю и границы площади пожара с этого момента, увеличиваться не будет.

Находим водоотдачу сети К-150, на расстоянии 100 метров.

$$Q_{\phi}^c = \left(V_{\text{л}} \cdot \frac{d}{25} \right)^2 = \left(1 \cdot \frac{150}{25} \right)^2 = 36 \text{ л/с}$$

Фактический расход 36 л/с больше чем расход требуемый, следовательно, на локализацию пожара воды достаточно.

Определяем предельное расстояние подачи огнетушащих веществ до места пожара.

$$L_{\text{пр}} = (H_{\text{н}} - (H_{\text{пр}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{пр}}) / SQ^2) \cdot 20 = 462.6 \text{ м} \quad (17)$$

где, $H_{\text{н}}$ – напор в насосе, м;

$H_{\text{пр}}$ – напор у разветвления, м ($H_{\text{пр}} = H_{\text{приб}} + 10$);

$Z_{\text{м}}$ – высота подъема местности, м;

$Z_{\text{пр}}$ – высота подъема приборов, м.

Определим требуемую численность личного состава:

$$\begin{aligned} N_{\frac{\text{л}}{\text{с}}} &= N_{\text{зв.ГДЗС}}^{\text{Т}} \cdot 3 + N_{\text{зв.ГДЗС}}^{\text{эвак}} \cdot 3 + N_{\text{зв.ГДЗС}}^{\text{рез}} \cdot 3 + N_{\text{пб}} \cdot 1 + N_{\text{р}} \\ &= 2 \cdot 3 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 3 + 6 \cdot 1 + 2 \cdot 1 = 26 \text{ человек} \end{aligned}$$

Определим требуемое количество отделений основного назначения:

$$N_{\text{отд}} = \frac{N_{\text{л/с}}}{4} = \frac{26}{4} = 6.5 \text{ принимаем } 7 \text{ отделений}$$

Из полученных расчётов можно сделать вывод, что согласно расписания выездов на данный объект выезжает 7 основных отделений и 1 специальное, которых достаточно для ликвидации пожара.

3.3.2 Расчёт необходимого количества сил и средств. Вариант тушения №2.

Пожар в зрительном зале размером 17х21 м.

Тактический замысел. У одного из зрителей произошло самовозгорание мобильного устройства (смартфон или планшет) в результате чего произошло возгорание в зрительном зале, огонь распространяется по мебели, полу. Если пожар возник в зрительном зале, то огонь быстро распространяется по мебели и конструкциям из горючих материалов, создаётся угроза распространения огня на подвесное покрытие и чердак. Быстрому распространению огня способствуют системы отопления и кондиционирования воздуха. По мере развития пожара при открытом

портальном проёме огонь из зрительного зала более интенсивно распространяется на сцену, а также может распространяться через открытые двери в другие смежные помещения.

Быстрому распространению огня поспособствуют не рабочие системы пожаротушения. До прибытия пожарных подразделений тушение пожара осуществляться не будет. Создалась угроза распространения задымления в коридор, смежные помещения и этажи. Определяем возможную обстановку на пожаре к моменту введения сил и средств первыми подразделениями.

Определим время свободного развития пожара:

$$T_{\text{св}} = T_{\text{дс}} + T_{\text{сб1}} + T_{\text{сл1}} + 1T_{\text{бр1}} = 3 + 1 + 1.3 + 4 = 9.3 \text{ мин}$$

$$T_{\text{сл1}} = \frac{60 \cdot L}{V_{\text{сл}}} = \frac{60 \cdot 1}{45} = 1.3 \text{ мин}$$

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

$V_{\text{сл}}$ – средняя скорость движения пожарных автомобилей, км/ч;

$T_{\text{дс}}$ – время до сообщения о пожаре (принимаем 3 минуты, т.к. имеется АПС и телефон находится в помещении дежурного);

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

$T_{\text{сб1}}$ – время, сбора личного состава.

Определяем путь, пройденный фронтом пламени за время свободного развития пожара. Время свободного развития менее 10 минут, следовательно, расчёты производим по формуле:

$$R_1 = 0.5 \cdot V_{\text{л}} \cdot T_{\text{св}} = 0.5 \cdot 1 \cdot 9.3 = 4.65 \text{ м.}$$

где, $V_{\text{л}}$ – линейная скорость распространения пожара на сцене, принимаем 1,0 м/мин.

Пожар на 10 минуте распространяется по полукруговой форме. Определяем площадь пожара:

$$S_{\text{п}} = 3.14 \cdot \frac{R^2}{2} = 33.9 \text{ м}^2$$

Требуемый расход воды на тушение пожара определяем по формуле:

$$Q_{\text{втр}} = S_{\text{т}} \cdot I_{\text{тр}}$$

где, $S_{\text{т}}$ – площадь тушения, м;

$I_{\text{тр}}$ – требуемая интенсивность подачи воды, 0,15 л/см².

Путь, пройденный огнём меньше глубины тушения пожара ручными стволами, принимаем $S_T = S_{\text{п}}$.

$$Q_{\text{тр}}^T = S_T \cdot I_{\text{тр}} = 33.9 \cdot 0.15 = 5.08 \text{ л/с}$$

Для локализации и ликвидации пожара необходимо задействовать СТВОЛОВ:

$$N_{\text{ств "Б"}}^T = \frac{Q_{\text{ттр}}}{Q_{\text{ств "А"}}} = \frac{5.08}{3.77} = 1.37, \text{ принимаем } 2 \text{ ствола "Б"}$$

Произведём расчёт расхода воды на защиту:

$$Q_{\text{тр}}^{T3} = S_T \cdot \frac{I_{\text{тр}}}{2} = 33.9 \cdot \frac{0.15}{2} = 2.54 \text{ л/с}$$

Из тактических соображений на защиту подаём один ствол РСК-50.

Из расчётов следует, что $Q_{\text{ф}}^{T3} < Q_{\text{тр}}^B$ ($10.5 > 7.62$), то пожар будет локализован, следовательно, линейная скорость распространения пожара будет равна нулю и границы площади пожара с этого момента, увеличиваться не будет.

Находим водоотдачу сети К-150, на расстоянии 100 метров.

$$Q_{\text{ф}}^c = \left(V_{\text{л}} \cdot \frac{d}{25} \right)^2 = \left(1 \cdot \frac{150}{25} \right)^2 = 36 \text{ л/с}$$

Фактический расход 36 л/с больше чем расход требуемый, следовательно, на локализацию пожара воды достаточно.

Определяем предельное расстояние подачи огнетушащих веществ до места пожара.

$$L_{\text{пр}} = (H_{\text{н}} - (H_{\text{пр}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{пр}}) / SQ^2) \cdot 20 = 462.6 \text{ м}$$

Где, $H_{\text{н}}$ – напор в насосе, м;

$H_{\text{пр}}$ – напор у разветвления, м ($H_{\text{пр}} = H_{\text{приб}} + 10$);

$Z_{\text{м}}$ – высота подъема местности, м;

$Z_{\text{пр}}$ – высота подъема приборов, м.

Определим требуемую численность личного состава:

$$N_{\frac{\text{л}}{\text{с}}} = N_{\text{зв.ГДЗС}}^T \cdot 3 + N_{\text{зв.ГДЗС}}^{\text{эвак}} \cdot 3 + N_{\text{зв.ГДЗС}}^{\text{рез}} \cdot 3 + N_{\text{пб}} \cdot 1 + N_{\text{р}} \\ = 2 \cdot 3 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 3 + 6 \cdot 1 + 2 \cdot 1 = 26 \text{ человек}$$

Определим требуемое количество отделений основного назначения:

$$N_{\text{отд}} = \frac{N_{\text{л/с}}}{4} = \frac{26}{4} = 6.5 \text{ принимаем } 7 \text{ отделений}$$

Из полученных расчётов можно сделать вывод, что согласно расписания выездов на данный объект выезжает 7 основных отделений и 1 специальное, которых достаточно для ликвидации пожара.

3.4 Рекомендуемые средства и способы тушения пожара

При пожаре возможны:

- наличие большого количества людей в зрительном зале (450 посадочных мест) и сценическом комплексе;
- возникновение паники;
- распространение огня по сценическому комплексу, переход его в зрительный зал и чердак, а также распространение пожара по вентиляционным системам и пустотам;
- быстрое задымление помещений сценического комплекса и зрительного зала;
- наличие электротехнических устройств и механизмов под напряжением;
- обрушение подвесных перекрытий и осветительных приборов над зрительным залом.

При ведении действий по тушению пожара необходимо:

- установить связь с администрацией учреждения для руководства тушением пожара и эвакуацией;
- определить пути эвакуации в первую очередь с галерей, балконов и бельэтажа;
- привлечь обслуживающий персонал к эвакуации людей согласно плану эвакуации;
- соблюдать правила охраны труда и техники безопасности при выполнении поставленных задач.

В сценическом комплексе:

- включить дренчерную завесу портала сцены;
- использовать преимущественно стволы с большим расходом;

- задействовать стационарные средства тушения и защиты (установки пожаротушения, лафетные стволы, внутренние пожарные краны);
- подать стволы со стороны зрительного зала с одновременной защитой колосников и карманов сцены, а также проёмов смежных со сценой помещений;
- опустить горящие декорации на планшет сцены;
- открыть дымовые люки при недостатке сил и средств, явной угрозе перехода огня и дыма в зрительный зал, а также с целью предотвращения задымления при наличии в нем зрителей;
- применять пену средней кратности при горении в трюме, обеспечить защиту планшета сцены из оркестрового помещения, затем вводить стволы на защиту других помещений, при необходимости проводить вскрытие настила сцены для подачи огнетушащих веществ в трюм;
- подать первые стволы на тушение при горении колосников, рабочих галерей следует со стороны сцены, а затем с лестничных клеток, обеспечить подачу стволов на покрытие, вводить стволы в чердачное помещение зрительного зала;
- обращать особое внимание на защиту пожарных от возможного падения различных конструкций здания, лебедок, приборов освещения.

В зрительном зале:

- подать стволы со стороны сценического комплекса, рабочих галерей, вестибюлей холлов, фойе с одновременной защитой сцены, путей эвакуации;
- включить дренчерную завесу портала сцены;
- подать стволы в чердачное помещение для его защиты, обращая внимание на снижение температуры в его объёме и на перегрузку перекрытия;
- подать стволы на покрытие;
- проверить вентиляционную систему, при необходимости вскрыть воздуховоды и подать в них стволы;

- обратить особое внимание на защиту пожарных от возможного падения подвесных потолков, лепных украшений, приборов освещения;
- соблюдать правила охраны труда и техники безопасности при выполнении поставленных задач.

Согласно справочнику Руководителя тушения пожара, линейная скорость распространения горения на сцене – 1-3 м/мин. Возможными путями распространения пожара являются: горючие материалы, мебель, оборудование, пустоты строительных конструкций, системы вентиляции, легковоспламеняющиеся вещества, различные системы электро- и радиоустройств, инженерные коммуникации. Интенсивность подачи огнетушащих веществ составляет для сцены – 0,20 л/с; для зрительного зала и подсобных помещений – 0,15 л/с.

В целях обеспечения безопасности, разведку и тушение пожара необходимо производить в СИЗОД.

3.5 Выбор оборудования для системы противодымной вентиляции

Эффективная работа системы противодымной вентиляции зависит от правильности подбора вентиляционного оборудования дымоудаления. Произведённые расчёты позволяют корректно и точно осуществить подбор вентилятора дымоудаления.

В соответствии с расчётными параметрами системы дымоудаления, требуемым характеристикам отвечает радиальный вентилятор ВР 80-75-6,3 с частотой вращения 950 об/мин (рис. 26, 27). Типоразмер двигателя – АИР100L6, мощностью $N_y=2,2$ кВт и масса вентилятора (с двигателем) – 158 кг. Суммарный уровень звуковой мощности на всасывании составляет 90 дБ, а на нагнетании – 93 дБ.



Рисунок 26 – Радиальный вентилятор ВР 80-75-6,3

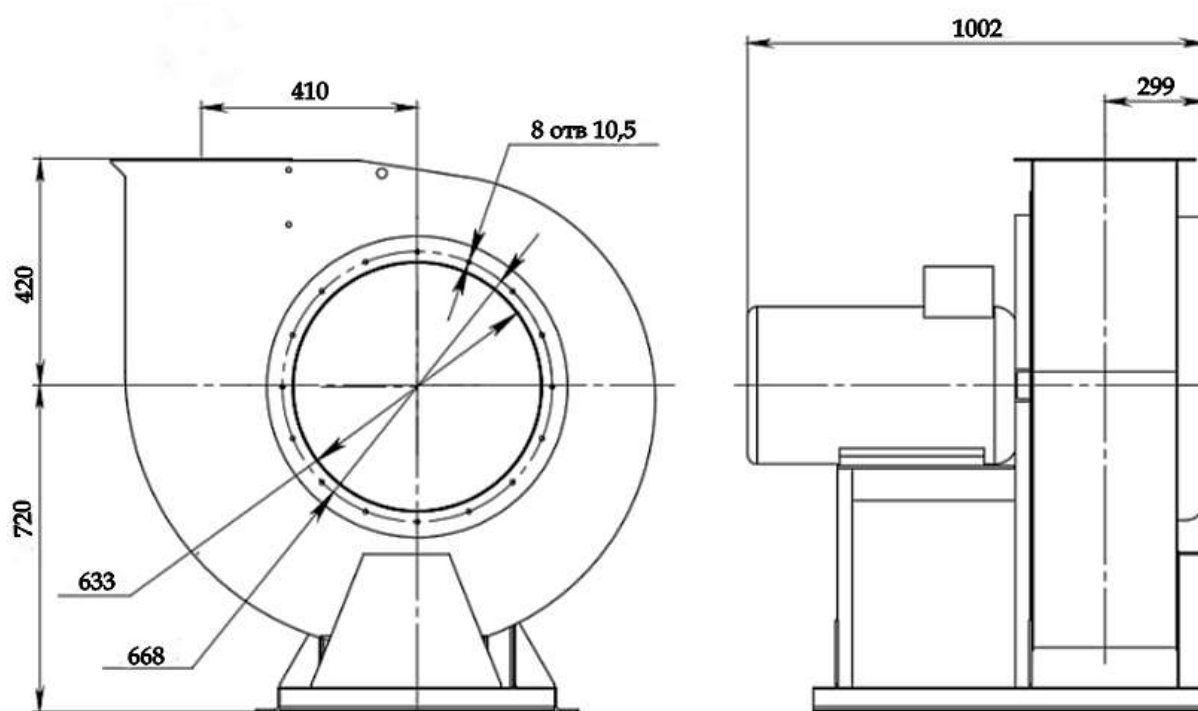


Рисунок 27 – Габаритные размеры радиального вентилятора ВР 80-75-6,3

На данном этапе подбор вентиляционного оборудования систем противодымной защиты окончен. Последняя стадия проекта заключается в монтаже выбранного оборудования, который имеет следующие этапы:

- прокладка специальных воздуховодов;
- установка вентиляторов;
- обработка воздуховодов огнестойкими составами;
- настройка системы.

Возникновение чрезвычайной ситуации связанной с пожаром во дворце культуры «Победа» повлечёт за собой ущерб здоровью и жизни людей, окружающей среде, безвозвратные потери материальных ценностей и затраты на проведение аварийно-спасательных и восстановительных работ. Последствия аварийной ситуации имеют стоимостное выражение, характеризующее масштаб ЧС и воздействие опасности на людей, окружающую среду, материальные ценности.

Экономический ущерб от аварии складывается из затрат на локализацию и ликвидацию последствий аварии, а также возмещения ущерба пострадавшим людям и экономике предприятия [47].

Исходные данные.

Пожар на сцене общей площадью 155 м², площадь пожара на время подхода пожарной бригады 15 м², стоимость здания 2000000 тыс. руб., стоимость КЭС 300 тыс. руб., стоимость технологического оборудования 100 тыс. руб. Норма амортизации здания 2%/год. Норма амортизации технологического оборудования 3 %/год. Норма амортизации КЭС 5%/год. Примем время тушения пожара 0.5 часа.

4.1 Расчёт прямого ущерба

Полный ущерб может быть представлен в виде двух составляющих – прямого и косвенного ущерба.

Оценка Прямого ущерба:

$$Y = Y_{\text{пр}} + Y_{\text{к}} \quad (18)$$

Оценка прямого ущерба, не вызывает затруднений, поскольку он очевиден, и представляет собой сумму ущерба, который наносится основным производственным фондам (ОПФ) и оборотным средствам (ОС).

$$Y_{\text{пр}} = C_{\text{опф}} + C_{\text{ос}} \quad (19)$$

где, $C_{\text{опф}} = C_3 + C_{\text{то}} + C_{\text{кэс}}$ – ущерб, нанесённый ОПФ

$$C_3 = \sum_{i=1}^n C_{3\text{ост}} \cdot G_3$$

$$C_{\text{ТО}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{ТО}} \cdot G_{\text{ТО}}$$

$$C_{\text{КЭС}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{КЭС}} \cdot G_{\text{КЭС}} \quad (20)$$

– соответственно ущерб, нанесённый зданию, технологическому оборудованию и коммунально-энергетическим сетям (КЭС) объекта.

При пожарах относительная величина ущерба может быть определена как отношение площади пожара к общей площади объекта:

$$G = \frac{F_n}{F_o} = \frac{15}{155} = 0.096$$

Рассчитаем остаточную стоимость здания:

$$C_{3\text{ост}} = C_{3б} \left[1 - \frac{H_{аз} \cdot T_{фз}}{155} \right] \quad (21)$$

где, $C_{3\text{ост}} = 2000000$ млн. руб. – балансовая стоимость здания;

$H_{аз} = 2\%/год$ – норма амортизации здания;

$T_{фз} = 52$ года – фактический срок эксплуатации здания.

$$C_{3\text{ост}} = 2000000 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 52}{155} \right) = 660000 \text{ тыс. руб.}$$

$$C_3 = 660000 \cdot 0.096 = 63360 \text{ тыс. руб.}$$

Рассчитаем остаточную стоимость оборудования:

$$C_{\text{ТОост}} = C_{\text{ТОб}} \left(1 - \frac{H_{ато} \cdot T_{фто}}{155} \right) \quad (22)$$

где, $C_{\text{ТОост}} = 100$ тыс. руб. – балансовая стоимость оборудования;

$H_{ато} = 3\%/год$ – норма амортизации оборудования;

$T_{фто} = 5$ лет – фактический срок эксплуатации оборудования.

$$C_{\text{ТОост}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{3 \cdot 5}{155} \right) = 90.4 \text{ тыс. руб.}$$

Ущерб оборудованию составит:

$$C_{\text{ТО}} = 90.4 \cdot 0.096 = 8.68 \text{ тыс. руб.}$$

Рассчитаем остаточную стоимость КЭС:

$$C_{\text{КЭСост}} = C_{\text{КЭСб}} \left[1 - \frac{H_{КЭС} \cdot T_{фКЭС}}{155} \right] \quad (23)$$

где, $C_{\text{КЭСост}} = 300$ тыс. руб. – балансовая стоимость КЭС;

$H_{\text{КЭС}} = 5\%/год$ – норма амортизации КЭС;

$T_{\text{ФКЭС}} = 5$ лет – фактический срок эксплуатации КЭС.

$$C_{\text{КЭСост}} = 300 \cdot \left(1 - \frac{5 \cdot 5}{155}\right) = 251.7 \text{ тыс. руб.}$$

Произведём расчёт ущерба КЭС:

$$C_{\text{КЭС}} = 251.7 \cdot 0.096 = 24.16 \text{ тыс. руб}$$

Ущерб нанесённый ОПФ:

$$C_{\text{опф}} = 660000 + 8.68 + 24.16 = 660032,84 \text{ тыс. руб.}$$

За стоимость пострадавших оборотных средств примем стоимость сгоревших товаров.

$$C_{\text{ос}} = 300 \text{ тыс. руб.}$$

Произведём расчёт прямого ущерба:

$$Y_{\text{пр}} = 660032,84 + 300 = 660332.84 \text{ тыс. руб.}$$

4.2 Расчёт косвенного ущерба

Произвести оценку косвенного ущерба сложнее, чем прямого ущерба, поскольку некоторые её составляющие могут проявляться неявно и часто не сразу после ЧС. С учётом очевидных составляющих выражение для косвенного ущерба может быть представлено в виде [48]:

$$Y_{\text{к}} = C_{\text{в}} + C_{\text{п}} + C_{\text{ш}} + C_{\text{оп}} + C_{\text{лчс}} + C_{\text{лпчс}} \quad (24)$$

где, $C_{\text{п}}$ – затраты, связанные с восстановлением производства, руб.;

$C_{\text{ш}}$ – величина штрафов за невыполнение договорных обязательств по поставкам продукции, руб.;

$C_{\text{оп}}$ – средства, необходимые для оказания помощи пострадавшим, руб.;

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

$C_{\text{лпчс}}$ – средства, необходимые для ликвидации последствий ЧС, руб.

Ввиду того, что на пожаре отсутствовали пострадавшие, обвалы и пр., косвенный урон будет включать в себя:

- утраченную величину прибыли за время восстановления производства, руб.;
- средства, необходимые для ликвидации ЧС, руб.

Утраченная величина прибыли за время восстановления производства рассчитывается из выражения:

$$C_{\pi} = \frac{\Pi^1}{100} \cdot C_{\text{тср}} \cdot N_{\text{сср}} \cdot t_{\text{в}} \quad (25)$$

где, Π^1 – величина прибыли от оказанных услуг, %;

$C_{\text{тср}}$ – цена единицы от оказанных услуг, руб.;

$N_{\text{сср}}$ – планируемое количество единиц продаваемых услуг за рабочий день;

$t_{\text{в}}$ – время восстановления производства.

$$C_{\pi} = \frac{20}{100} \cdot 1000 \cdot 15 \cdot 10 = 30000 \text{ руб.}$$

4.3 Расчёт средств необходимых для ликвидации ЧС

Средства необходимые для ликвидации ЧС зависят от её характера и масштабов, определяющих объёмы спасательных и других неотложных работ. В общем случае главными видами работ, выполняемыми при ликвидации ЧС и определяющими затраты, являются разведка очага и поиск в нём пострадавших, устройство проездов в завалах и на заражённых участках местности, отключение поврежденных участков КЭС, тушение пожаров, извлечение пострадавших из-под завалов и их эвакуация в лечебные учреждения, проведение частичной специальной обработки. В число затрат следует также включать стоимость израсходованных средств индивидуальной защиты [49].

$$C_{\text{лчс}} = C_{\text{р}} + C_{\text{уп}} + C_{\text{окэс}} + C_{\text{т}} + C_{\text{ип}} + C_{\text{эв}} + C_{\text{чсо}} + C_{\text{сиз}} + C_{\text{пр}} \quad (26)$$

где, $C_{\text{р}}$ – затраты, связанные с ведением разведки, руб.;

$C_{\text{уп}}$ – затраты на устройство проездов в завалах и на заражённых участках местности, руб.;

$C_{\text{окэс}}$ – затраты, необходимые для отключения повреждённых участков КЭС, руб.;

$C_{\text{т}}$ – затраты, связанные с тушением пожаров, руб.;

$C_{\text{ип}}$ – затраты, связанные с извлечением пострадавших из-под завалов, руб.;

$C_{\text{эв}}$ – затраты, связанные с эвакуацией пострадавших в лечебные учреждения, руб.;

$C_{\text{чсо}}$ – затраты по частичной специальной обработке заражённых объектов, руб.;

$C_{\text{сиз}}$ – стоимость средств индивидуальной защиты, руб.;

$C_{\text{пр}}$ – прочие или неучтённые затраты, руб.

Для исследуемого объекта, а именно, ДК «Победа», затраты будут состоят из:

- затрат, связанных с ведением разведки, руб.;
- затрат, необходимых для отключения повреждённых участков КЭС, руб.;
- затрат, связанных с тушением пожара, руб.

$$C_p = C_{\text{зпч}} \cdot T \cdot n \quad (27)$$

Средняя часовая заработная плата разведчика (руб/ч) вычисляется по формуле:

$$C_{\text{зпч}} = \frac{C_{\text{зпм}}}{K} \quad (28)$$

где, $C_{\text{зпм}}$ – средняя месячная заработная плата разведчика, руб/мес.;

$K = 8 \cdot T$ – количество рабочих часов в месяц;

T – количество рабочих дней в месяце;

$T = t + t_{\text{ип}}$ – общее время ведения разведки, ч;

t – время, в течение которого должна быть проведена первоначальная разведка, равное времени готовности к проведению спасательных работ, ч;

$t_{\text{ип}}$ – время, необходимое для извлечения пострадавших из-под завалов, ч;

n – количество человек, необходимое для проведения разведки в течение времени t , чел.

$$C_{\text{зпч}} = \frac{C_{\text{зпм}}}{K} = \frac{30000}{8 \cdot 20} = 187.5 \text{ руб/ч}$$

Затраты на разведчика составляют:

$$C_p = 187.5 \cdot 1 \cdot 1 = 187.5 \text{ руб}$$

$$C_{\text{окэс}} = C_{\text{зпч}} \cdot m \cdot n \cdot t_0 \quad (29)$$

где, $C_{\text{зпч}}$ – средняя часовая заработная плата рабочего аварийной группы, руб/ч;

m – нормативное количество человек в аварийной группе, чел.;

$n = n_c \cdot N_{\text{рз}}$ – количество отключенных разрушенных участков сетей, ед.;

n_c – количество сетей в здании, ед.;

N_{pz} – количество зданий, получивших средние, сильные и полные разрушения, ед.;

t_o – нормативное время отключения аварийной группой разрушенного участка внутридомовых сетей (водопровода, теплоснабжения) со вскрытием колодцев, закрытием задвижек, выключением рубильников и разборкой завала, ч/уч.

$$C_{OKЭс} = 200 \cdot 3 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 0.5 = 1200 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные с тушением пожаров:

$$C_{ТП} = C_{ЗПп} + C_{Апм} + C_m \quad (30)$$

где, $C_{ЗПп} = C_{ЗПпч} \cdot t_{ТП} \cdot n$ – средняя заработная плата пожарных за время тушения пожара, руб.;

$C_{ЗПпч}$ – средняя часовая заработная плата пожарного, руб/ч;

$t_{ТП}$ – расчётная продолжительность тушения пожара, ч.;

$n = n_{пм}$ – число пожарных, участвующих в тушении пожара, чел.;

$n_э$ – численность экипажа пожарной машины, чел.;

$$n_{пм} = \sum_{i=1}^{N_{гз}} \frac{a_i + b_i - 10}{q_{ов}} \quad (31)$$

– количество пожарных машин, необходимых для тушения пожара, ед.;

a_i и b_i – длина и ширина i -го здания, охваченного пожаром, м.;

$q_{ов}$ – расход огнетушащего вещества машины при тушении пожара, л/с.

$$n_{пм} = \frac{40 + 10 - 20}{10} = 3 \text{ ед.}$$

$$n = 4 \cdot 2 = 8 \text{ чел.}$$

$$C_{ЗПп} = 200 \cdot 1 \cdot 10 = 2000 \text{ руб.}$$

Стоимость амортизации пожарных машин определим по формуле:

$$C_{Апм} = n_{пм} \cdot \frac{C_{пм} \cdot t_{пм}}{100} \quad (32)$$

где, $C_{пм}$ – стоимость пожарной машины, руб.;

$H_{Апм}$ – норма амортизации пожарной машины, %/ч.

$$C_{Апм} = 3 \cdot \frac{4500000 \cdot 0.004 \cdot 1}{100} = 540 \text{ руб.}$$

Стоимость материалов, расходуемых на тушении пожара найдём из выражения:

$$C_M = C_{\Gamma} + C_{CM} + C_{OB} \quad (33)$$

где, $C_{\Gamma} = C_{\Gamma}^1 \cdot q_{\Gamma\Pi} \cdot t_{\Gamma\Pi} \cdot n_{\Gamma\Pi}$ – стоимость расходуемого горючего, руб.;

$q_{\Pi M}$ – расход горючего пожарной машины при тушении пожара, л/ч.

$$C_{\Gamma} = 45.9 \cdot 10 \cdot 1 \cdot 2 = 918 \text{ руб.}$$

C_{CM} – стоимость расходуемых смазочных материалов, руб.

$$C_{CM} = C_{\Gamma} \cdot 0.04 = 918 \cdot 0.04 = 36.72 \text{ руб.}$$

Стоимость расходуемого огнетушащего вещества составит:

$$C_{OB} = C_{OB}^1 \cdot q_{OB} \cdot t_{\Gamma\Pi} \cdot n_{\Pi M} = 0.08 \cdot (10 \cdot 30 \cdot 30) \cdot 1 \cdot 2 = 1440 \text{ руб.}$$

$$C_M = 918 + 36.72 + 1440 = 2394.72 \text{ руб.}$$

Итого затраты на тушение пожара составят:

$$C_{\Gamma\Pi} = 2000 + 540 + 1440 = 3980 \text{ руб.}$$

Итого затраты на ликвидацию ЧС:

$$C_{\text{ЛЧС}} = 187.5 + 2000 + 3980 = 6167.5 \text{ руб.}$$

Итого косвенный ущерб составит:

$$Y_K = 30000 + 6167.5 = 36167.5 \text{ руб.}$$

Общий урон от пожара на сцене дворца культуры «Победа» составит:

$$Y = Y_{\Pi} + Y_K = 660332.84 + 36167.5 = 695500.34 \text{ руб.}$$

Пожар, который произошёл на площади 15 м², ДК «Победа» принёс ущерб в виде испорченного оборудования, электрощитов и стен самой сцены. Сумма прямого ущерба составила 660332.84 тысяч рублей, в него вошли затраты на ликвидацию пожара и составили 695500.34 тысяч рублей.

Несмотря на то, что основная цель разработки проекта противодымной защиты – спасение пострадавших от воздействия продуктов горения, путём обеспечения быстрой и безопасной эвакуации, важно обратить внимание и на повышение общей пожарной безопасности.

Из полученных данных расчётов, можно сделать вывод, что рассматриваемому объекту, а именно, ДК «Победа», необходимо усилить меры пожарной безопасности, улучшить трудовую дисциплину, регулярно проводить осмотр вентиляционного, бытового и иного оборудования на предмет выявления состояний несоответствующих регламентному. Следует

также рассмотреть возможность, предпринятую в инициативном порядке и по согласованию с надзорными органами, по проведению информационно-пропагандистских мероприятий направленных на повышение ответственного и осмотрительного поведения персонала.

5 Социальная ответственность

5.1 Краткое описание исследуемого объекта

Объектом исследования является здание дворца культуры «Победа». Объект 1957 года постройки, расположен по адресу: Кемеровская область, город Юрга, улица Ленинградская 18, в отдельно стоящем 3-х этажном здании, по всей площади здания имеется подвальное помещение, а также чердак. Размеры здания в плане:

- длина – 43 м;
- ширина – 34 м;
- общая площадь – 5166 м²;
- высота здания с чердаком – 19,4 м.

Наружные стены и внутренние перегородки кирпичные. Междуэтажные перекрытия железобетонные. Высота зрительного зала 9,7 м, высота сцены от планшета до колосниковых решеток 6 м, до перекрытия 8,5 м. Площадь сцены 155м². Площадь кармана сцены 33 м². На сцене находятся две стационарные металлические лестницы, ведущие на колосники.

На втором этаже из комнат художественного цеха и осветительной есть выходы на уличные балконы. Лестницы – сборные железобетонные площадки и марши, двери – деревянные. Имеются 3 внутренних лестничных клетки с лестничными маршами. Внутренняя сторона оштукатурена. Кровля здания металлическая по деревянной обрешётке, обработанная огнезащитным составом. Класс функциональной пожарной опасности Ф 2.1.

- Общая площадь здания – 5166,3 м²;
- Площадь подвального помещения – 1219,6 м²;
- Площадь 1 этажа – 1219,6 м²;
- Площадь 2 этажа – 1219,6 м²;
- Площадь 3 этажа вместе с чердачными помещениями – 1219,6 м².

Для защиты персонала объекта от воздействия в случае возникновения пожара токсичных продуктов горения имеются средства индивидуальной защиты. Используются самоспасатели СПИ-20 в количестве

трёх штук. Самоспасатель изолирующий СПИ-20 служит для экстренной защиты органов дыхания и зрения человека во время эвакуации. Время защитного действия составляет порядка 20 минут при выполнении работ и 40 минут в состоянии покоя [50].

5.2 Анализ выявленных вредных факторов на объекте

В ДК «Победа», основное инженерное решение при создании проекта противодымной защиты направлено на проектирование и расчёт параметров системы автоматического дымоудаления. Следовательно, система автоматического дымоудаления является объектом исследования на предмет наличия вредных факторов. Также в исследуемом объекте находится лестничный марш, являющийся основным путём эвакуации пострадавших с балконов зрительного зала в результате возникновения пожара.

Недостаточная освещённость лестничного марша влияет на обеспечение безопасной эвакуации пострадавших, а также при эвакуации, у эвакуирующихся может вызвать панику и привести к большому числу жертв.

Нормирование естественного и искусственного освещения осуществляется в соответствии с СП 52.13330.2011 в зависимости от характера зрительной работы, системы и вида освещения, фона, контраста объекта с фоном.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещённость на полу основных проходов и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5лк, на открытых территориях – 0,2лк.

Неравномерность эвакуационного освещения, отношение максимальной освещённости к освещённости минимальной по оси проходов для эвакуации, должна быть не более 40:1 [51].

Для расчёта общего равномерного искусственного освещения применим метод светового потока. Световой поток, обеспечивающий требуемую освещённость, вычислим по формуле:

$$\Phi = \frac{E \cdot k \cdot S \cdot Z}{n \cdot \eta} \quad (34)$$

где, E – нормируемая освещенность, лк. Основной критерий, по которому определяется необходимое количество осветительных приборов. Данный показатель для помещения по СП 52.13330.2011 составляет 20 лк;

S – площадь помещения, m^2 ;

k – коэффициент запаса, определяется по СП 52.13330.2011;

n – число ламп в помещении;

Z – коэффициент неравномерности освещения, зависящий от типа ламп, определяется по СП 52.13330.2011;

η – коэффициент использования светового потока, который показывает, какая часть светового потока ламп попадает на рабочую поверхность (в долях единицы). Величина коэффициента зависит от типа светильника, коэффициента отражения стен $\rho_{ст}$ (стены: бетонные беленные – $\rho_{ст}=50\%$), коэффициента отражения потолка $\rho_{пот}$ (состояние потолка: свежепобеленный $\rho_{пот}=70\%$), пола $\rho_{пол}$ (пол бетонный $\rho_{пол}=20\%$), индекса помещения i определяется по СП 52.13330.2011.

$$S = 2 \cdot (a \cdot b + a \cdot h + b \cdot h) = 2 \cdot (6 \cdot 2 + 6 \cdot 29 + 2 \cdot 29) = 488 \text{ м}^2$$

Величину коэффициента использования светового потока принимаем равной $\eta = 0,29$.

$$\Phi = \frac{20 \cdot 2 \cdot 488 \cdot 1.5}{9 \cdot 0.29} = 11218 \text{ лм}$$

Для лучшей освещенности лестничной клетки выбираем ближайшую по мощности стандартную лампу. При напряжении 220В выбираем люминесцентную лампу ЛД-40-2 мощностью 40Вт, со световым потоком $\Phi = 2000$ лм. Количество ламп аварийного освещения на лестничной клетке будет составлять 6 штук (рис. 28).

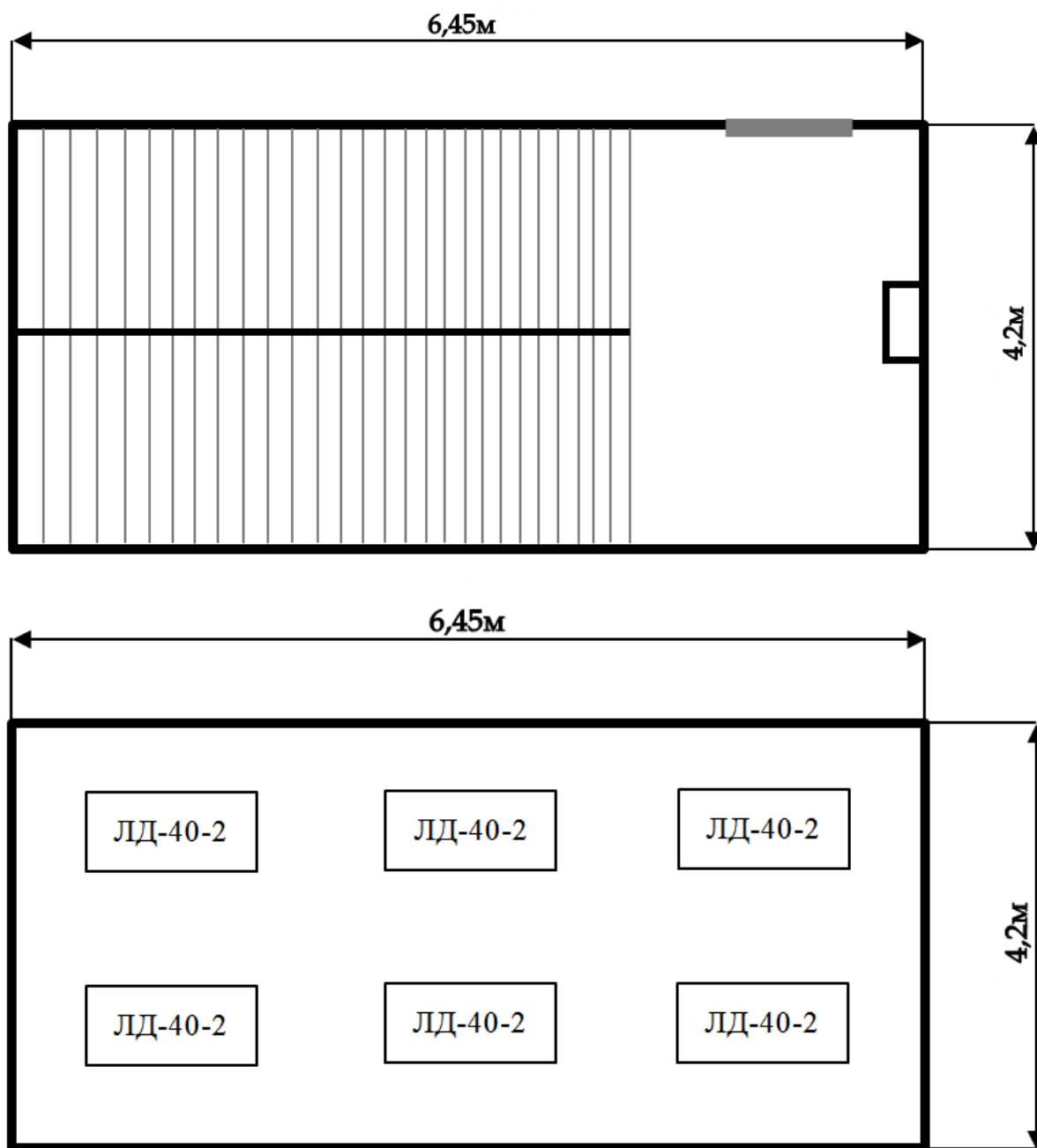


Рисунок 28 – Схема размещения люминесцентных ламп эвакуационного освещения лестничной клетки ДК «Победа»

5.3 Анализ выявленных опасных факторов пожара

Опасными факторами пожара называются такие факторы, воздействие которых приводит к травме, отравлению или гибели человека, а также к материальному ущербу. Такие факторы подразделяются на первичные и вторичные.

К первичным опасным факторам пожара относятся:

- открытое пламя, искры;
- высокая температура окружающей среды;
- дым;
- токсичные продукты горения и термического разложения;
- пониженная концентрация кислорода.

К вторичным опасным факторам пожара относятся:

- осколки и части разрушившихся установок, аппаратов, конструкций;
- токсичные и радиоактивные вещества и материалы, вышедшие из разрушенных установок и аппаратов;
- электрический ток, как следствие выноса высоких напряжений на токопроводящие части аппаратов, установок или конструкций;
- огнетушащие вещества.

Непосредственное воздействие пламени на кожу человека или его теплового потока возникшего в результате инфракрасного излучения может стать причиной термического ожога. Также для человека опасны накопления в организме тепла, что может вызвать тепловой удар[52].

Опасность воздействие открытого огня на конструкции зданий обусловлены сгоранием или обугливанием их элементов, если те выполнены из горючих материалов. Как следствие можно наблюдать пережог, деформация и обрушение балок перекрытий, металлических ферм, и других конструктивных деталей сооружения.

Повышенная температура окружающей среды вызывает ожоговые поражения кожи, глаз и дыхательных путей человека разной степени тяжести. Максимальная температура, до которой может нагреться кожа человека без появления первых, слабо выраженных болевых ощущений составляет 45°C. При температуре 60-70°C, человек ещё может находиться достаточно длительное время, в зависимости от индивидуальных особенностей организма, в среднем оно колеблется в пределах 40-80 минут. Если температура окружающего воздуха достигает 95-150°C, то организм человека способен продержаться до 35 минут. При температуре выше

150°C происходит ожог дыхательных путей при первых вдохах. Как показывает практика, после этого спасти жизнь человеку практически невозможно [53].

Дым и токсичные продукты горения.

Образование дыма происходит при неполном сгорании веществ. Анализ чрезвычайных ситуаций связанных с пожарами показывает, что дым практически всегда, приводит к потере ориентации пострадавших в пространстве. Это значительно затрудняется процесс эвакуации, а в некоторых случаях делает её невозможной. Кроме того, дым – это смесь продуктов горения, в числе которых находятся и ядовитые соединения: оксид углерода, фосген, синильная кислота, альдегиды и прочие [53].

Основная причина смерти при пожаре заключается в отравлении угарным газом. Угарный газ представляет собой ядовитый газ, не имеющий запаха. При попадании в органы дыхательной системы, смерть наступает в течение нескольких минут. Токсическое действие угарного газа обусловлено прочной связью его с гемоглобином крови. Эта связь происходит в 200-300 раз быстрее, чем с кислородом, блокируя тем самым процессы передачи и транспортировки кислорода клеткам ткани, что неизбежно приводит к кислородному голоданию. Основные симптомы отравления угарным газом: головная боль, головокружение, удушье, рвота, галлюцинации, повышение артериального давления, судороги, двигательный паралич. Пониженная концентрация кислорода. [54]

Ещё одним поражающим фактором пожара, связанным с непригодной для дыхания средой, является пониженная концентрация кислорода в воздухе. На начальной стадии пожара концентрация кислорода понижается на 16%, а при снижении на 17% уже ухудшаются двигательные функции, мускульная координация, затрудняется мышление и притупляется внимание. Таким образом, пониженная концентрация кислорода, даже при отсутствии токсичных продуктов горения может осложнить процесс эвакуации и привести к гибели людей.

5.4 Предлагаемые средства защиты от опасных факторов пожара

Наиболее эффективный способ защититься от воздействия продуктов горения, дышать через влажный тканевый платок. Кроме этого важно правильно перемещаться: пригнувшись или на четвереньках. На расстоянии 30-40 сантиметров от пола наименьшее содержание опасных для дыхания веществ, а также минимальная концентрация дыма и значительно ниже температура воздуха.

Система автоматического дымоудаления позволяет не только улучшить выход горючих веществ и токсичных продуктов горения, что приводит к увеличению времени для эвакуации, но и полностью исключить понижение концентрации кислорода.

Рассмотрим несколько общих способов защиты людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и значительного снижения их негативных последствий:

- ограничение распространения пожара за пределы границ зоны очага за счет применения соответствующих объёмно-планировочных и конструктивных решений;
- устройство систем обнаружения пожара (установок и систем пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- устройство эвакуационных путей, в соответствии с требованиями, обеспечивающими безопасную эвакуацию людей при пожаре;
- применение систем коллективной защиты и использование средств индивидуальной защиты;
- применение строительных конструкций с классами пожарной опасности и пределами огнестойкости, соответствующими требуемым для данного типа зданий, а также исключение возникновения пожарной опасности поверхностных слоёв (облицовок, отделок, средств огнезащиты) на путях эвакуации;
- применение специальных огнезащитных составов (антипирены, огнезащитные краски) и строительных материалов, которые

способны повысить пределы огнестойкости строительных конструкций;

- устройство противовзрывной защиты на технологическом оборудовании;
- применение первичных средств пожаротушения;
- применение систем пожаротушения;
- совершенствование организации деятельности подразделений пожарной охраны [55].

5.5 Воздействие опасных факторов пожара на окружающую среду

Пожар, возникший во дворце культуры «Победа», будет являться чрезвычайной ситуацией, как для людей, так и для окружающей природной среды. Пожары в жилых домах, административных и других производственных помещениях не оказывают влияния на крупномасштабные и глобальные биосферные процессы, но при этом являются источником локального загрязнения.

Рассматривая пожарную опасность необходимо обратить внимание, что загрязнение окружающей природной среды в результате пожаров, ухудшает показатели среды обитания, что в свою очередь наносит вред здоровью людей. Экологическая опасность пожаров обусловлена изменением химического состава воздуха, воды и почвы. Кроме того, сами огнетушащие вещества являются источниками загрязнения наряду с такими факторами пожара как токсичные продукты горения.

При пожаре в современных зданиях, при строительстве которых применяются в больших количествах полимерные и синтетические материалы, образуются токсичные продукты горения, в которых по статистическим данным содержится 50-150 видов химических соединений, оказывающих токсическое воздействие. Все они попадают в воздух окружающей среды и переносятся вместе с воздушными массами.

Возможные негативные последствия пожаров для окружающей среды во времени и пространстве зависят от вида и концентрации токсичных

веществ, попавших в воздух, на почву или в водоём, температуры пожара и внешних факторов.

Дым от крупных пожаров вызывает изменение освещённости, температуры воздуха, влияет на количество атмосферных осадков. Кроме того, дымовой аэрозоль и газообразные продукты, взаимодействуя с атмосферной влагой, могут вызывать кислотные осадки – дожди, туманы. Выделения большого количества дыма при крупных пожарах уменьшает количество солнечной радиации, поступающей с земной поверхности и, как следствие, приводит к климатическим изменениям продолжительностью несколько дней, недель, месяцев. Эти факторы влияют на рост растений, особенно если совпадают с вегетационным периодом.

5.6 Выводы по разделу

Основным фактором, который не соответствует установленным нормам является недостаточная освещённость. Система освещения лестничной клетки не соответствует требуемым нормам. Необходимо произвести перепроектирование системы освещения, т.е. установить шесть люминесцентных ламп мощностью 40-50 Вт, со световым потоком $\Phi = 2000$ лм.

Персоналу ДК «Победа» рекомендуется неукоснительно соблюдать правила и требования безопасности, что приведёт к сокращению несчастных случаев и травм или позволит исключить их полностью.

Заключение

В результате выполнения выпускной квалификационной работы удалось обеспечить решение поставленных целей и задач, посредством выполнения ряда практико-теоретических задач и инженерных расчётов.

Реализованы изыскания и анализ инженерно-технической и организационно-управленческой составляющих обеспечения общей пожарной безопасности на объекте дворец культуры «Победа».

Установлены слабые стороны в организации пожарной безопасности, как в технической части, так и в управленческой. А именно, дворец культуры «Победа» оборудован механической системой дымоудаления, открытие люка в которой, осуществляется в ручную при помощи механической лебедки, находящейся на сцене. Если предположить, что пожар произойдёт на сцене, то открытие люка будет практически невозможно.

Проведён тщательный анализ развития пожара и дана оценка влияния поражающих факторов на процесс эвакуации.

В работе проведён расчёт параметров люка дымоудаления, определены материалы для его изготовления, в соответствии с нормативными документами и требованиями. Спроектирована автоматическая система управления люком дымоудаления в зрительном зале, активируемая, как в автоматически, так и ручном режиме. Спроектированная система управления функционирует на компонентной базе Arduino Uno. Также произведён выбор и расчёт компонентов механической части, использующихся для системы управления.

Практическая значимость работы состоит в том, что её рекомендации позволят обеспечить безопасную эвакуацию людей из здания в случае возникновения пожара. В дальнейшем спроектированная система может оказать серьёзное влияние на повышение уровня противопожарной безопасности в зрительном зале ДК «Победа».

Список используемых источников

1. Статистика пожаров в Российской Федерации за 2017 год // Электронная энциклопедия пожарного дела URL: <http://wiki-fire.org/Статистика-пожаров-РФ-2017.ashx> (дата обращения: 06.03.2019г.).
2. Материалы Всероссийского сбора представителей единой государственной системы предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС) по подведению итогов деятельности, выполнения мероприятий гражданской обороны в 2017 году и постановке задач на 2018 год // МЧС России URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/results/2018_god (дата обращения: 07.03.2019г.).
3. Адамян, В.Л. Физико-химические основы развития и тушения пожаров [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.Л. Адамян. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2018. – 176 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/107279>. – Загл. с экрана.
4. Теребнев В.В. Тактика тушения пожаров. Учебное пособие. – М.: Курс, 2016. – 256 с.
5. Статистика пожаров в Российской Федерации за 2011-2017 год // МЧС России URL: http://www.mchs.gov.ru/activities/stats/Pozhari/2011-2017_god/Statistika_pozharov_v_Rossijskoj_Federac (дата обращения: 25.02.2018г.).
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон от 22.07.2008 №123-ФЗ (с изменениями на 3 июля 2016 года) [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва: ЭНАС, 2016. – 128 с.
7. Бектобеков, Г.В. Пожарная безопасность [Электронный ресурс]: учебное пособие / Г.В. Бектобеков. – Электрон. дан. – Санкт-Петербург: Лань, 2019. – 88 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/112674>. – Загл. с экрана.
8. Мистюков, И.А. Расследование и экспертиза пожаров [Электронный ресурс]: учебное пособие / И.А. Мистюков, А.Н. Кроль. –

Электрон. дан. – Кемерово: КемГУ, 2017. – 162 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/102670>. — Загл. с экрана.

9. Планирование и организация тушения пожаров [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / Чалаташвили М.Н.. – Электрон. дан. – Кемерово: КемГУ, 2017. – 267 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/102668>. – Загл. с экрана.

10. Трушкин Д.В., Корольченко А.Я. Анализ причин гибели людей на пожаре в торговом центре // Пожаровзрывобезопасность. – 2007. – №2. – с. 63-66.

11. Тимофеева С.С., Гармышев В.В. Социальные пожарные риски в республиканских, краевых и областных центрах Сибирского федерального округа // Вестник ИрГТУ. – 2015. – №10 (105).

12. Мархоцкий, Я.Л. Безопасность жизнедеятельности человека [Электронный ресурс]: учебное пособие / Я.Л. Мархоцкий. – Электрон. дан. – Минск: «Вышэйшая школа», 2018. – 416 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/111300>. – Загл. с экрана.

13. Зарубина, Л.П. Защита зданий, сооружений и конструкций от огня и шума. Материалы, технологии, инструменты и оборудование [Электронный ресурс]: учебное пособие / Л.П. Зарубина. – Электрон. дан. – Вологда: «Инфра-Инженерия», 2018. – 336 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/108662>. – Загл. с экрана.

14. Правила противопожарного режима в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Москва: ЭНАС, 2016. – 128 с.

15. Корольченко А. Я. Категорирование помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности / А.Я. Корольченко, Д.О. Загорский. – М.: Изд-во «Пожнаука», 2010. – 118 с.

16. Свод правил СП 7.13130.2009 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования. – М.: Официальное издание МЧС России, 2009 г. – 33с.

17. Табунщиков Ю. А. Расчёт параметров систем противодымной защиты жилых и общественных зданий: Рекомендации АВОК / Ю. А. Табунщиков, В. М. Есин, А. В. Игольников. – М.: НП «АВОК», 2010. – 52 с.

18. Свод правил СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. – М.: Официальное издание МЧС России, 2009 г. – 10 с.
19. Требования к системам противодымной защиты зданий, сооружений и строений // Система пожарной безопасности URL: <http://www.spb01test.ru/reglament85.html> (дата обращения: 02.03.2019г.).
20. Адресные системы ОПС и противопожарной автоматики // Система пожарной безопасности URL: <http://bolid.ru/production/orion/ops-subsystems> (дата обращения: 03.03.2019г.).
21. Свод правил СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. – М.: Официальное издание МЧС России, 2009 г. – 10 с.
22. Прибор адресно-аналоговый приемно-контрольный охранно-пожарный и управления «ЮНИТРОНИК 496М» // Юнитест URL: <https://www.unitest.ru/production/catalog/unitronik496m/> (дата обращения: 15.04.2019г.).
23. Автоматизированное рабочее место ЮНИТРОНИК-АРМ // Юнитест URL: <https://www.unitest.ru/production/catalog/unitronik496m/arm/> (дата обращения: 16.04.2019г.).
24. Минитроник А32М // Юнитест URL: <https://www.unitest.ru/production/catalog/minitronik-a32m/> (дата обращения: 17.04.2019г.).
25. Прибор приёмно-контрольный и управления охранно-пожарный «Гранит 24» с выносным блоком индикации и управления // Сибирский арсенал URL: https://arsenal-sib.ru/ppkop/pribory_granit/granit-24_vp/ (дата обращения: 18.04.2019г.).
26. Блок приёмно-контрольный и управления автоматическими средствами пожаротушения С2000-АСПТ // Bolid. Системы безопасности URL: <https://bolid.ru/production/orion/fire-fighting-devices/s2000-aspt.html> (дата обращения: 22.04.2019г.).

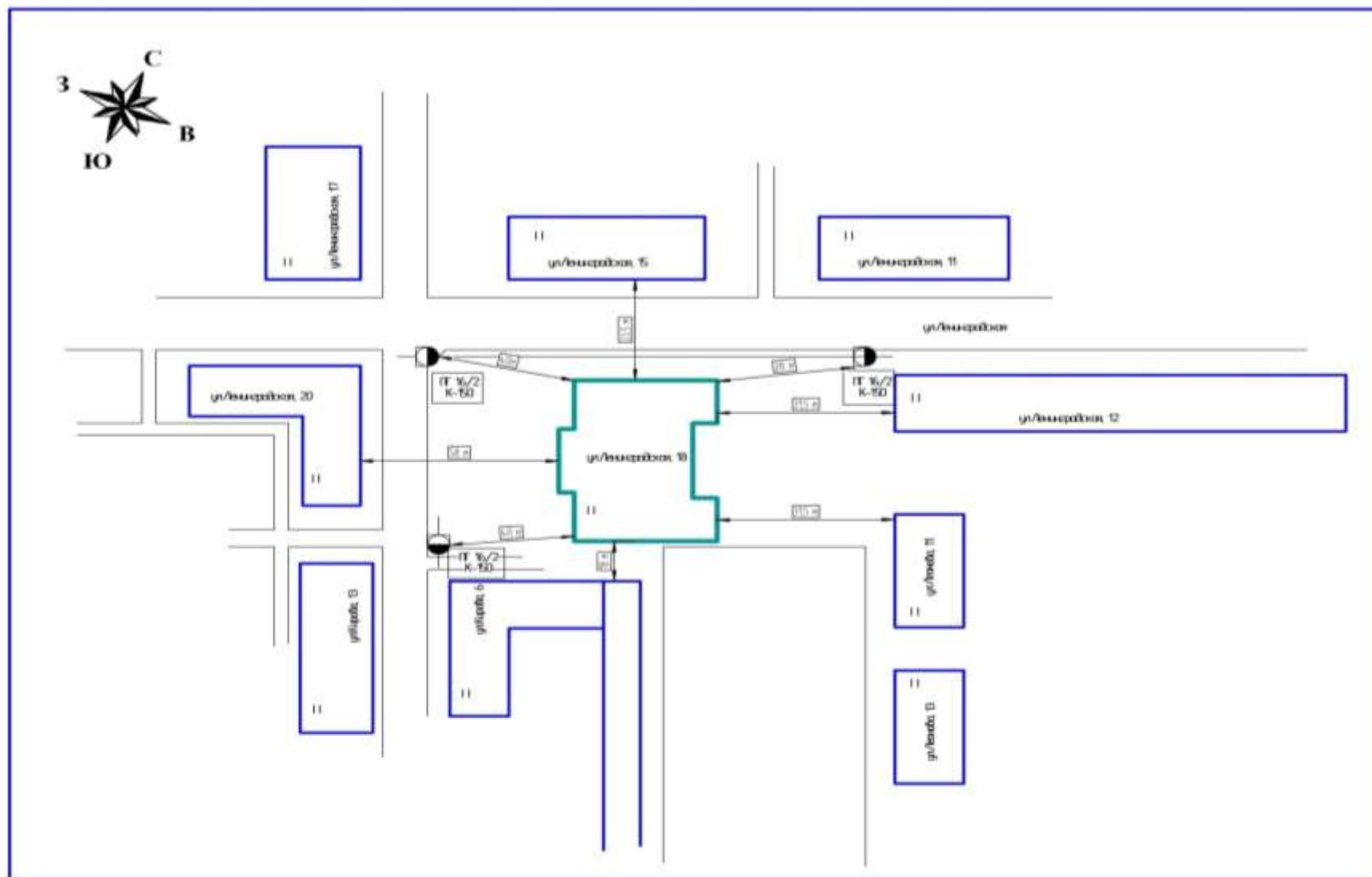
27. Вентиляторы радиальные среднего давления // EVG URL: <http://www.euroventgroup.ru/ventilyatory-radialnye-srednego-davleniya-vr-300-45.html> (дата обращения: 22.04.2019г.).
28. Канальное оборудование // СВОК URL: <https://svok.com/equipment/kanalnoe-oborudovanie/> (дата обращения: 25.04.2019г.).
29. Оборудование для противодымной вентиляции // Тайра URL: <https://tayra.ru/production/oborudovanie-dlya-protivodymnoy-ventilyatsii/> (дата обращения: 28.04.2019г.).
30. Контроллер ИУК-31 // НПФ Агросрой URL: <http://agrostroy.ru/catalog/контроллер-иук-31-выпуск-2014-г/> (дата обращения: 25.04.2019г.).
31. Аналоговая охранно-пожарная сигнализация Юнитроник 496 // Юнитест URL: <https://www.unitest.ru/production/catalog/unitronik/> (дата обращения: 26.04.2019г.).
32. ГАПУ-2 // Дымоудаление и противопожарная автоматика URL: http://du-ppa.ucoz.ru/index/gapu_2/0-7 (дата обращения: 13.04.2019г.).
33. Шкаф управления ОПЖР // Дымоудаление и противопожарная автоматика URL: <http://du-ppa.ucoz.ru/index/opzhr/0-8> (дата обращения: 13.04.2019г.).
34. ШПС-МВ // Тинко URL: <https://www.tinko.ru/catalog/product/212003/> (дата обращения: 13.04.2019г.).
35. Прибор пожарной сигнализации и дымоудаления (ППСДУ-32) // Безопасность ОПТ URL: http://www.opt-tech.ru/catalog/otech/priem-contr/priem-kon_pozar/PPSDU_32P.html (дата обращения: 15.04.2019г.).
36. Устройство сигнально-пусковое пожарное // Дымоудаление и противопожарная автоматика URL: http://du-ppa.ucoz.ru/index/uspp_48/0-14 (дата обращения: 22.04.2019г.).
37. Привод противопожарной заслонки GNA-326 // ОБК URL: http://овк-автоматика.рф/Siemens/Docs/OpenAir/N4620ru_GNA.pdf (дата обращения: 22.04.2019г.).

38. Программируемые контроллеры ТАС Xenta // Диона URL: http://dionabms.ru/products/controllers/programmable_controllers/tac_xenta_301_302/ (дата обращения: 23.04.2019г.).
39. Противопожарная вентиляция – переносные дымососы, вентиляторы дымоудаления, вентиляторы подпора воздуха // Евромаш URL: <http://www.evromash.ru/catalog/venti/du/> (дата обращения: 20.04.2019г.).
40. СНиП 2.08.02-89* Общественные здания и сооружения. – М.: ЦИТП Госстроя, 2000г. – 40 с.
41. ГОСТ Р 53307 Конструкции строительные. Противопожарные двери и ворота. Метод испытаний на огнестойкость. – М.: Изд-во стандартов, 2009 г. – 39 с.
42. Передача винт-гайка: учебное пособие / сост. В.О. Варганов, М.В. Аввакумов, М.В. Колычев, В.М. Гребенникова, В.А. Романов; СПбГТУРП. – СПб., 2015. – 57 с.
43. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. – М.: Минрегион России, 2012. – 113 с.
44. Arduino Uno Atmega 328 // Arduino URL: <http://arduino.ru> (дата обращения: 27.04.2019г.).
45. MQ-2 Gas Sensor, датчик газа для Arduino проектов // Chipdip URL: <https://www.chipdip.ru/product/mq-2-gas-sensor> (дата обращения: 27.04.2019г.).
46. Расчёт противодымной вентиляции в зданиях различного назначения (часть 1) / Сост. В.С. Рекунов, М.В. Анисимов. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.- строит. ун-та, 2011. – 38 с.
47. Руководство к выполнению раздела ВКР «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». – 2014. – 56 с.
48. Методические рекомендации по оценке ущерба от аварий: Расчёт косвенного и прямого ущерба // Ohranatruda URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/44/44716/index.php#i113018 . (дата обращения: 5.05.2019г.).
49. Мустафина А. С. Экономика безопасности труда: учебное пособие – Кемерово: 2005. – 72 с.

50. Самоспасатель изолирующий СПИ-20 // Самоспас URL: <https://samospas.ru/catalog/item/164> (дата обращения: 04.05.2019г.).
51. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. – М.: Издание Минстроя России, 1995 г. – 31 с.
52. Васильев В. П. Устойчивость объектов экономики в чрезвычайных ситуациях: учеб. пособие / В. П. Васильев. – СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2002. – 318 с.
53. Теребнев В. В. Справочник руководителя тушения пожара. / В. В. Теребнев М.: Наука, 2004. – 248 с.
54. Аверьянов В. Т. ГДЗС в вопросах и ответах: учебное пособие / В. Т. Аверьянов, С. В. Полынько, А. В. Башаричев. – СПб: Изд-во университета ГПС МЧС России, 2010. – 229 с.
55. Горелкин А. А. Пожарная тактика. Первоначальная подготовка пожарных: учебное пособие / А. А. Горелкин, А. М. Губин. – Барнаул: Изд-во учебного центра ГПС МЧС Алтайского края, 2002. – 171 с.

Приложение А
(Рекомендуемое)

План-схема расположения объекта на местности



Приложение Б
(Рекомендуемое)
План-схема подвала

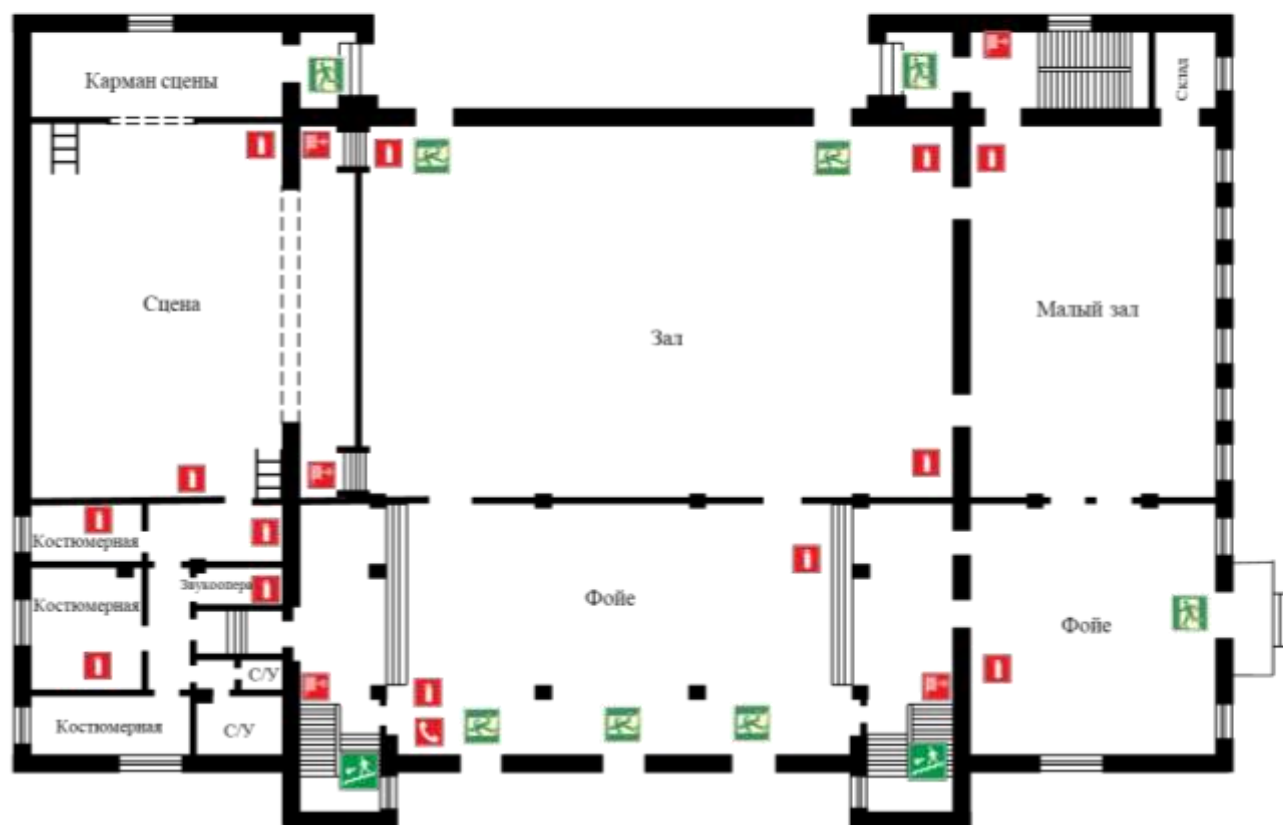
М 1:200



Приложение В

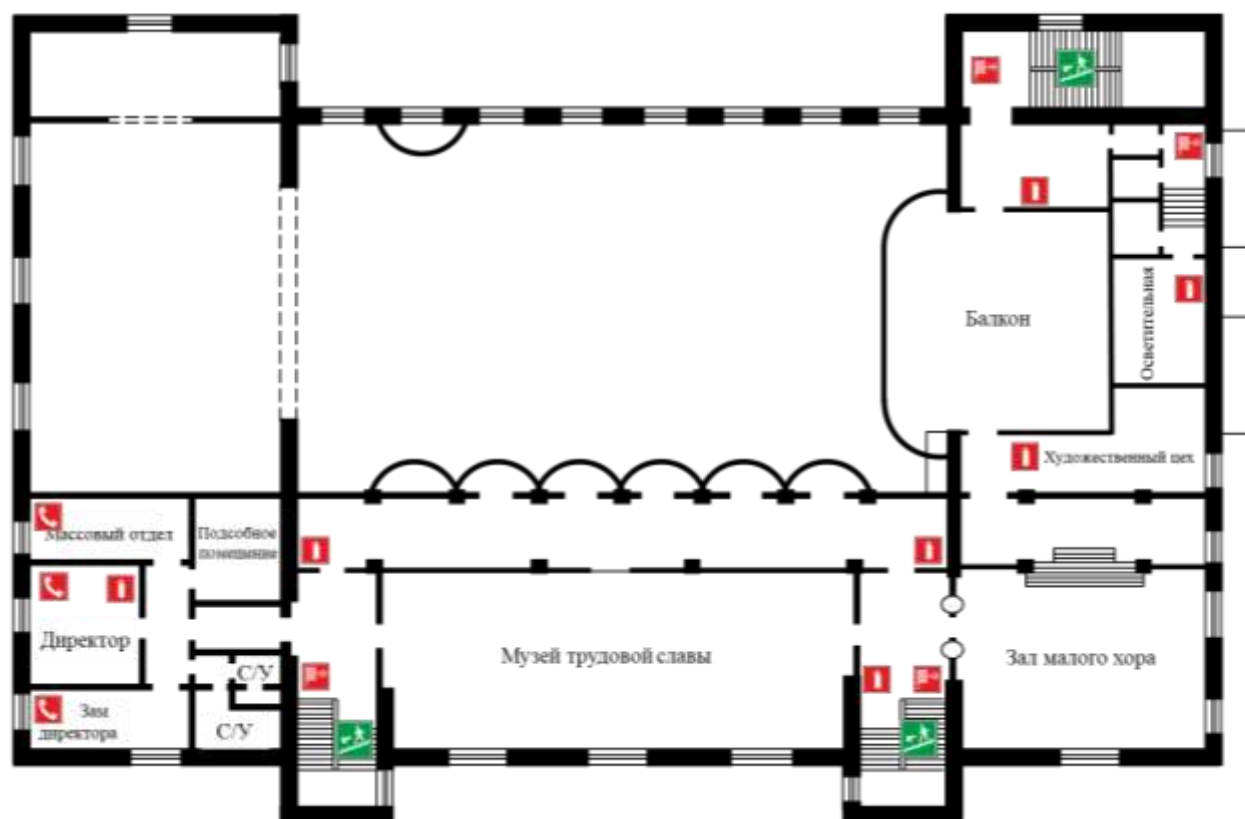
(Рекомендуемое)
План-схема первого этажа

М 1:200



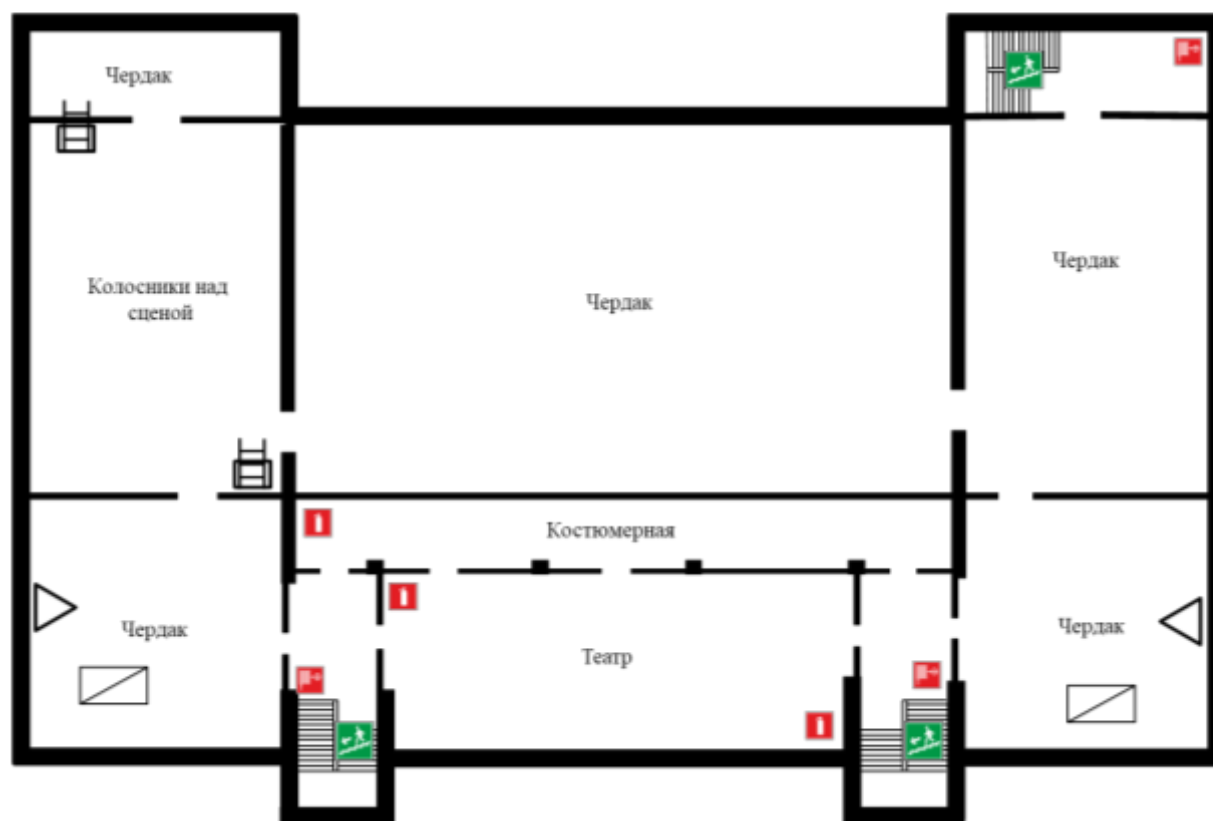
Приложение Г
(Рекомендуемое)
План-схема второго этажа

М 1:200



Приложение Д
(Рекомендуемое)
План-схема третьего этажа

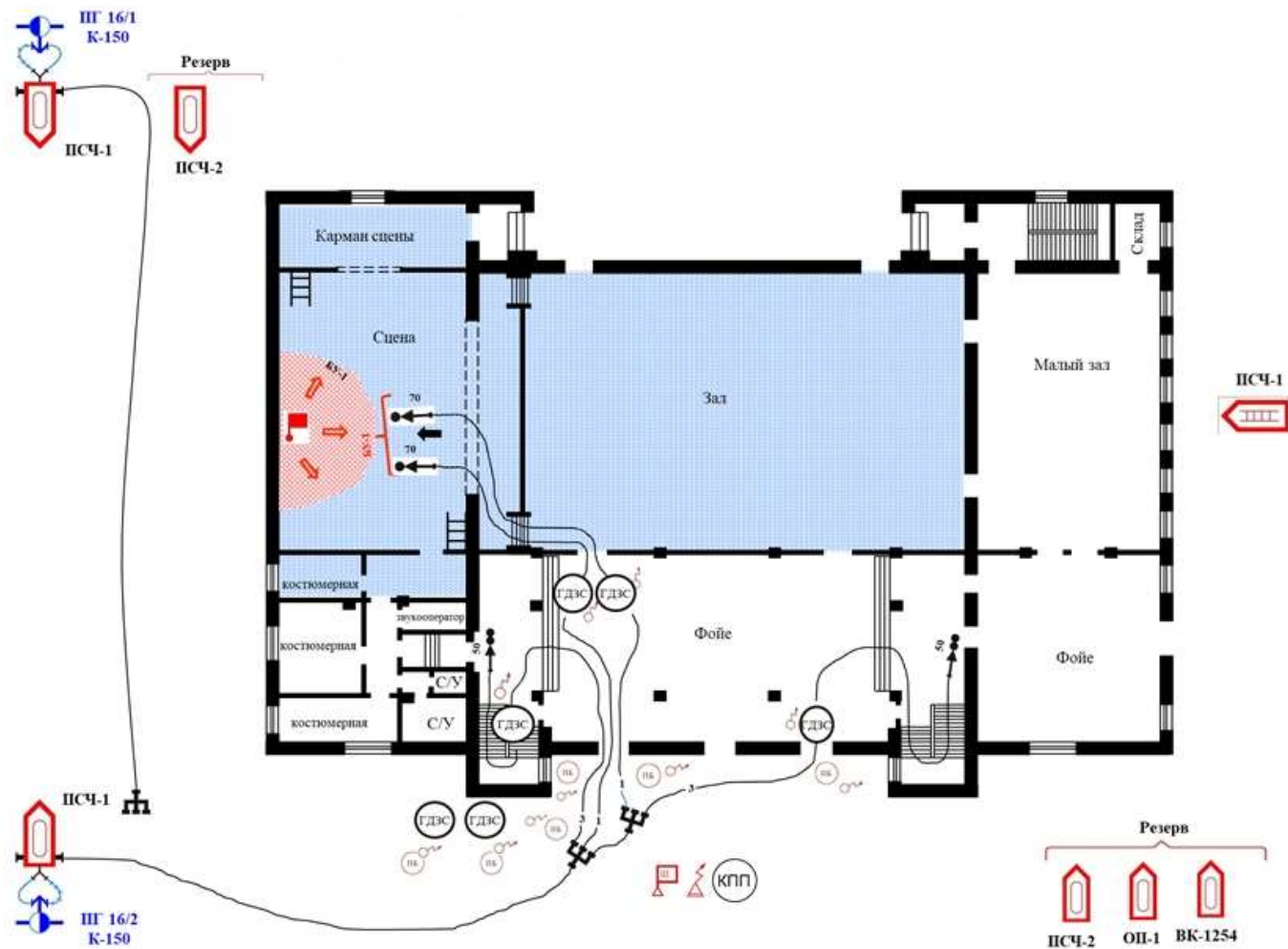
М 1:200



Приложение Е (Рекомендуемое)

План-схема расстановки сил и средств.

Вариант №1 – тушение пожара на сцене ДК «Победа»



Приложение Ж
(Рекомендуемое)

План-схема расстановки сил и средств.

Вариант №2 – тушение пожара в зрительном зале ДК «Победа»

