

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.03.01 «Техносферная безопасность»

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Пожарная безопасность

(направленность (профиль) / специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Организация тушения пожаров на предприятии энергетики

Студент

У.А. Львова

(И.О. Фамилия)

Руководитель

к.ф.- м.н., доцент А.Н. Ишматов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Консультант

к.э.н., доцент Т.Ю. Фрезе

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2022

Аннотация

Тема данной выпускной квалификационной работы – организация тушения пожаров на предприятии энергетики.

Ключевые слова: пожарная безопасность, промышленное предприятие, энергетическое предприятие, статистические данные, тушение пожара, медицинский осмотр, экологические аспекты.

Выпускная квалификационная работа включает в себя 12 рисунков, 9 таблиц и 23 используемых источника.

В введении обоснована актуальность темы, обозначены предмет и объект исследования, определена цель и задачи исследования.

В первом разделе проведен анализ статистических данных о пожарах.

Во втором разделе дана оперативно-тактическая характеристика рассматриваемого объекта.

В третьем разделе разработаны варианты развития и тушения возможных пожаров на рассматриваемом объекте.

В четвертом разделе изучены рекомендации для должностных лиц при пожаре.

В пятом разделе разработана процедура прохождения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров.

В шестом разделе проидентифицированы экологические аспекты рассматриваемой организации. Разработана процедура получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу.

В седьмом разделе рассчитана полученная экономическая эффективность мероприятий, которые предложены в настоящем исследовании.

В заключении обобщены основные вопросы и приведены тезисные выводы, подводящие итог всей выпускной квалификационной работы.

Содержание

Введение.....	4
Термины и определения.....	5
Перечень обозначений и сокращений.....	6
1 Анализ статистических данных о пожарах.....	7
2 Оперативно-тактическая характеристика объекта.....	13
3 Разработка вариантов развития и тушения возможных вариантов пожаров на объекте.....	18
4 Рекомендации для должностных лиц при пожаре.....	42
5 Охрана труда.....	47
6 Охрана окружающей среды и экологической безопасности.....	51
7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности.....	53
Заключение.....	60
Список используемых источников.....	62

Введение

Система противопожарной безопасности имеет огромную значимость не только для пожарной службы, но и для собственников квартир, частных домов. Пожар представляет собой процесс горения, вышедший из-под человеческого контроля. Виновником его возникновения может стать сам человек. Для обеспечения нужного уровня безопасности можно использовать разные виды профилактики, а также практического предупреждения пожаров.

Настоящая выпускная квалификационная работа написана на базе промышленного объекта АО «Энергощит».

Целью выпускной квалификационной работы является анализ способов организации тушения пожаров на предприятии энергетики. Для достижения поставленной цели необходимо решение следующих задач:

- провести анализ статистических данных о пожарах;
- дать оперативно-тактическую характеристику рассматриваемого объекта;
- разработать варианты развития и тушения возможных пожаров на рассматриваемом объекте;
- изучить рекомендации для должностных лиц при пожаре;
- разработать процедуру прохождения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров;
- проидентифицировать экологические аспекты рассматриваемой организации;
- разработать процедуру получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу;
- рассчитать полученную экономическую эффективность мероприятий, которые предложены в настоящем исследовании.

Структура работы: выпускная квалификационная работа включает в себя 12 рисунков, 9 таблиц и 23 используемых источника.

Термины и определения

Противопожарная защита – это «совокупность организационно-технических мероприятий, конструктивных и объемно-планировочных решений, а также технических средств, направленных на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничение материальных потерь от пожара» [16].

Распыленная вода – «вода, которая увеличивает поверхность соприкосновения воды с горящим веществом, быстро превращается в пар и этим способствует тушению пожара» [4].

Огнетушащий состав – «вещества и материалы, обладающие физико-химическими свойствами, которые позволяют создать условия для прекращения горения» [3].

Тепловой поток — это «количество тепловой энергии, которое передается через изотермическую поверхность за единицу времени» [6].

Ороситель тонкораспыленной воды предназначен «для равномерного распыливания воды по защищаемой площади и объему путем создания тонкодисперсного потока огнетушащего вещества» [6].

Пожарный извещатель – «техническое средство, которое устанавливают непосредственно на защищаемом объекте для передачи тревожного извещения о пожаре на пожарный приёмно-контрольный прибор и/или оповещения и отображения информации об обнаружении загораний» [19].

Перечень обозначений и сокращений

НПБ – нормы пожарной безопасности.

ПБ – пожарная безопасность.

ПБОО – паспорт безопасности опасного объекта

ПВР – пункт временного размещения

ГОСТ – межгосударственный стандарт.

СНиП – строительные нормы и правила.

РД – руководящий документ.

АО – акционерное общество.

АБК – административно-бытовой корпус.

ИПР – извещатель пожарный ручной.

1 Анализ статистических данных о пожарах

Изучение материалов с пожарными ситуациями на производстве, развитие пожара и его ликвидация показали: отрезок времени до прибытия противопожарных сил и средств, их развертывание может составлять несколько десятков минут и достигать практически двух часов. Прибытие первого пожарного подразделения может занимать не более 15 мин, но прибытие других пожарных расчетов в нужном для ликвидации пожара объеме, может занимать час и более.

Остановимся на статистических данных по пожарам, которые затронули промышленные предприятия в нашей стране в период 2020 – 2021 годов.

«11 января 2020 произошел взрыв пылевоздушной смеси с последующим горением в производственном цехе по переработке зерна в муку на комбикормовом заводе в селе Беленькое Белгородской области. Пострадали пять человек, один из пострадавших позже скончался в больнице» [1].

«9 февраля 2020 вечером на мебельной фабрике в городе Радужный Владимирской области произошел крупный пожар на площади 1,6 тысячи м². Спустя несколько часов открытое горение было ликвидировано» [1].

«14 февраля 2020 в Челябинске в цехе по производству пластиковой посуды на Троицком тракте возник крупный пожар. Огонь распространился на административное здание – загорелся мансардный этаж на площади 400 м², пожар обрушил кровлю на площади 800 м². Площадь возгорания составила 2900 м²» [1].

«21 марта 2020 в подмосковном Дмитрове произошло возгорание на территории Дмитровского опытного завода алюминиевой и комбинированной ленты. Площадь пожара составила 33 тыс. м². К тушению огня было привлечено 153 человека и 56 единиц техники, задействован вертолет К-32 и пожарный поезд» [1].

«29 марта 2020 в поселке Чаадаевка Городищенского района Пензенской области произошел крупный пожар на предприятии по производству

древесных плит. Его площадь составила 1 тыс. м². К тушению возгорания был привлечен пожарный поезд» [1].

«5 мая 2020 в Коммунаре в Гатчинском районе Ленинградской области возник пожар на фабрике нетканых материалов. Огонь распространился на площади 1,1 тыс. м², полностью обрушилась кровля в одном из горевших одноэтажных зданий площадью 1,6 тыс. м²» [1].

«11 мая 2020 на территории промышленного предприятия в подмосковном Чехове загорелись отходы переработки резины на площади порядка 500 м². Впоследствии площадь пожара увеличилась до 5 тыс. м². Возгорание было потушено» [1].

«19 мая 2020 на территории промышленной зоны в населенном пункте Чунский Иркутской области вспыхнул крупный пожар на предприятии по производству деревянных паллет. Возгорание удалось ликвидировать на площади более 2 тыс. м². К тушению пожара привлекались 26 человек и 9 единиц техники» [1].

«30 июня 2020 в Богучанском районе Красноярского края на территории деревообрабатывающего предприятия загорелись отходы лесобработки. Площадь пожара составила 2 гектара. Существовала угроза распространения огня на большую площадь. К месту происшествия был направлен пожарный поезд. 1 июля пожар был потушен. По данным МЧС, к его тушению были привлечены 31 человек и девять единиц техники» [1].

«22 августа 2020 в Башкирии в городе Давлеканово загорелась кровля кирпичного завода. Площадь пожара составила около 6 тыс. м². К тушению пожара были привлечены 46 человек и 16 единиц техники» [1].

«13 ноября 2020 в Санкт-Петербурге загорелось производственное здание на территории бывшего завода ЛЭМЗ (Ленинградский электромеханический завод). Пожару присвоили второй повышенный номер сложности, затем его подняли до третьего. Площадь пожара составила 1200 м², огонь охватил третий и четвертый этажи. Были эвакуированы четыре человека. В 06.00 14 ноября возгорание ликвидировали. Днем 14 ноября

поступило сообщение о повторном пожаре. В производственном здании происходило горение на кровле на площади 60 м², которое было оперативно ликвидировано» [1].

«17 ноября 2020 в Челябинске пожар вспыхнул на предприятии по производству пластиковых окон. Огонь удалось локализовать на площади 300 м². В результате пожара два человека погибли, еще четверо пострадали» [1].

«19 ноября 2020 в Алтайском районе Хакасии произошел пожар на территории частного предприятия. Огонь вспыхнул в бытовом помещении. В результате пожара погибли четыре человека» [1].

«1 января 2021 в Самаре загорелось здание заводоуправления подшипникового завода. В результате пожара обрушились перекрытия и кровля на площади 1,25 тыс. м². В результате пожара погиб один человек. Завод находится в стадии банкротства и не работает с 2018 года» [1].

«25 января 2021 вечером в Уфе произошел пожар на территории завода ПАО «Уфаоргсинтез». На открытой площадке горели две емкости с нефтепродуктами. При пожаре высота горения факела на выходном трубопроводе достигала 5 м. Пожар был ликвидирован утром 26 января. В результате пожара один человек погиб, еще один пострадал, он отравился продуктами горения» [1].

«25 января 2021 в Перми произошел пожар на пороховом заводе. По информации предприятия, загорелись производственные отходы во время их погрузки в машину, огонь перекинулся на помещение, в результате воспламенилась хранившаяся на складе продукции. В результате пожара пострадали четверо мужчин, трое из них были доставлены в ожоговый центр, один от госпитализации отказался и был направлен на амбулаторное лечение с небольшим ожогом» [1].

«1 апреля 2021 в подмосковных Бронницах загорелось предприятие по производству детских площадок. Площадь возгорания составила 1,5 тыс. м². Информации о пострадавших не поступало» [1].

«9 апреля 2021 в Волгограде загорелась крыша цеха по производству

доби. Площадь возгорания составила 1800 м². Сведений о пострадавших нет» [1].

«12 апреля 2021 в Санкт-Петербурге произошел пожар в здании «Невской мануфактуры» 1861 года постройки. Огонь охватил все шесть этажей производственного здания. Обрушились кровля и внутренние перегородки, всего площадь пожара составила около 25 тыс. м². Пожар был локализован на площади 10 тыс. м². При тушении погиб один пожарный, еще трое пострадали. Пожар полностью потушили только 16 апреля» [1].

«29 апреля 2021 в городском округе Коломна Московской области произошел пожар в здании цеха по производству переносных холодильников. Загорелась кровля по всей площади производства. Площадь пожара составила 2 тыс. м². До прибытия пожарных подразделений из горящего цеха были эвакуированы пять человек» [1].

«30 апреля 2021 в городе Усолье-Сибирское Иркутской области загорелась кровля в административном здании мебельной фабрики. Площадь пожара составила 3 тыс. м². Из здания были эвакуированы 72 человека, еще пять человек были спасены звеном газодымозащитной службы» [1].

Таблица 1 данной работы приводит статистические данные оперативных обстановок на пожарах, произошедших в течении 2017 – 2021 гг. Рассмотрим информацию из таблицы по числу пожаров, числу возгораний, сколько людей погибли, были травмированы за этот период, остановимся на динамике этих данных. Таблицу 1 представим также в графическом виде, что сделает ее более наглядной.

Таблица 1 – Данные статистики по оперативным обстановкам пожаров на территории Самарской области за время 2017 г. – 2021 г.

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	Динамика 2021/2017
Количество пожаров, ед.	3110	2854	2569	2761	11279	+8169
Количество возгораний	8226	5208	5022	9199	12548	+4322

Продолжение таблицы 1

Показатель	2017	2018	2019	2020	2021	Динамика 2021/2017
Погибло людей, чел.	169	154	121	134	158	-11
Получили травмы, чел.	205	168	160	184	207	+2

Отразим данные по количеству пожаров и возгораний на рисунке 1.

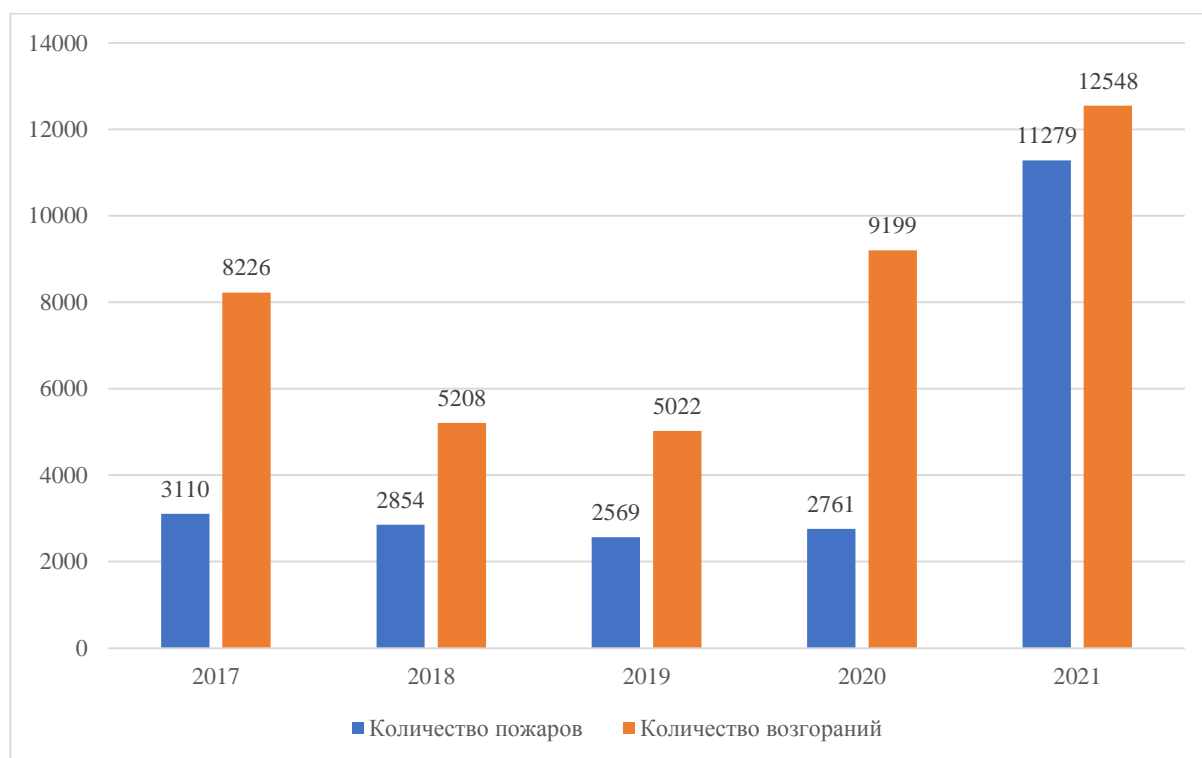


Рисунок 1 – Данные по количеству пожаров и возгораний за период с 2017 года по 2021 год по Самарской области

Далее отразим данные по количеству погибших и травмированных людей на рисунке 2.

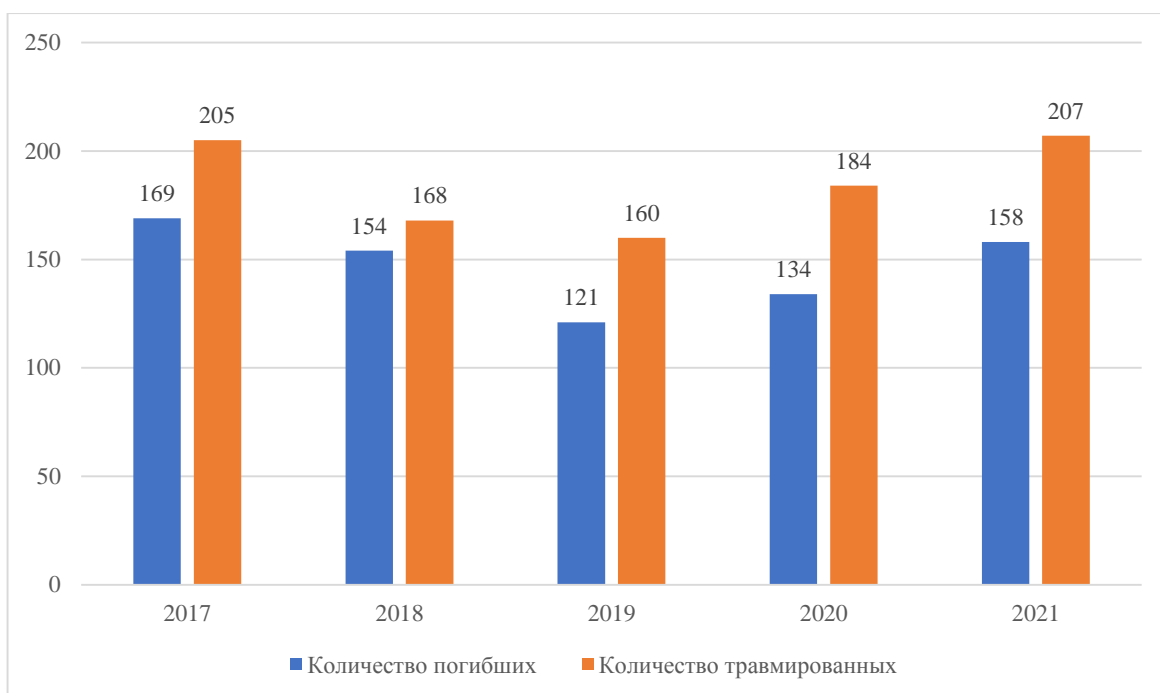


Рисунок 2 – Данные по количеству погибших и травмированных людей за период с 2017 года по 2021 год по Самарской области

По данным таблицы 1, рисункам 1, 2 можно отметить увеличение числа пожаров (на 8170), увеличение числа возгораний (на 4320) при наличие позитивной тенденции – сокращение числа погибших людей (на 11 чел.), и практически не изменяющееся положение с травмирование (прирост на 2 чел.)

Справедливо будет подчеркнуть следующее: Самарский пожарно-спасательный гарнизон укомплектован профессиональными кадрами, справляющимися с поставленными проблемами – ликвидация пожаров, спасение граждан, материальных ценностей. Руководителя проводится работа по укомплектованию подразделений современными техническими средствами тушения пожаров, подбор и переподготовка кадров, что в совокупности позволяет успешно справляться с задачами по тушению пожаров. В течении 2021 года не зарегистрированы случаи травматизма у личного состава Самарского пожарно-спасательного гарнизона.

2 Оперативно-тактическая характеристика объекта

АО «Электрощит» расположено в поселке Красная Глинка, Красноглинского района города Самара. АО «Электрощит» производит разнообразную продукцию, предназначенную для приема, преобразования электрической энергии: комплексные трансформаторные подстанции, распределительные устройства, электротехническую продукцию. АО «Электрощит» оказывает услуги по передаче теплоэнергоресурсов, осуществляет строительные-монтажные, проектные, пуско-наладочные работы, оказание различных услуг: проектных посреднических и иных услуг на коммерческой основе, эксплуатация и ремонт линий электропередач, подстанций, высокоэффективных видов оборудования и техники.

Использование в технологических процессах легковоспламеняющихся и горючих жидкостей, горючих газов, едких химических веществ делает объекты пожароопасными. Все основные и вспомогательные производства оборудованы телефонной связью. Территория предприятия обеспечена силовым осветительным электрооборудованием. Все помещения цехов предприятия защищены автоматической охранно-пожарной сигнализацией. Пожароопасные участки и производства защищены автоматическими установками пожаротушения. Отопление центральное водяное. Паросиловой цех и котельная расположены на территории предприятия.

На территорию предприятия имеются три въезда. Внутризаводские дороги и подъезды с асфальтовым покрытием. Территория предприятия обеспечена силовым осветительным электрооборудованием, кольцевым хозяйственно-пожарным водопроводом, диаметром 150 мм, на котором установлены 27 пожарных гидранта.

Все производственные, вспомогательные здания и помещения оснащены внутренним пожарным водопроводом, оборудованным пожарными кранами в количестве 309 единиц диаметром 51 мм, и 66 мм. На территории АО «Электрощит» также имеются три пожарных водоема: два объемом 100 м³.

и один объемом 50 м³. Ближайшее подразделение федеральной противопожарной службы (8 – ПСЧ ФГУ «3 отряд ФПС по Самарской области») находится на расстоянии 500 м от въездных ворот на территорию предприятия.

АО «Электрощит» состоит из следующих зданий.

Заводоуправление и инженерный корпус – площадь 4862 м², высота заводууправления – 10 м., инженерного корпуса – 12 м. Заводоуправление – здание двухэтажное с подвальным помещением, стены выполнены из кирпича, перегородки кирпичные. Перекрытие – железобетонные плиты. Кровля – профилированный настил по деревянной обрешетке. Степень огнестойкости – II.

Инженерный корпус – трехэтажное этажное здание с цокольным этажом. Стены, перегородки и перекрытия выполнены из железобетонных панелей. Степень огнестойкости – I. В цокольном этаже размещен: отдел технической документации (типография). Два помещения серверных оборудованы автоматическими системами порошкового пожаротушения.

Медпункт – площадь 348 м², здание одноэтажное. Стены и перегородки кирпичные, кровля – профилированный настил по железобетонным плитам. Степень огнестойкости – II. В здании располагаются:

- кабинет для приема больных;
- процедурный кабинет;
- кабинеты узких специалистов.

Столовая – площадь 1269,6 м², высота 5,15 м. Здание одноэтажное, каркасное. Каркас металлический, обшитый панелями с базальтовым наполнителем. Внутренняя отделка, перегородки выполнены из гипсокартонных панелей. Перекрытие – панели с базальтовым наполнителем по металлическим балкам.

Противопожарное водоснабжение объекта обеспечивается кольцевым хозяйственным водопроводом, диаметром 150 мм, на котором установлены 27 пожарных гидранта, все производственные, вспомогательные здания и

помещения оснащены внутренним пожарным водопроводом, оборудованным пожарными кранами в количестве 170 единиц диаметром 51 мм. На территории АО «Электрощит» также имеются три пожарных водоема: два объемом 100 м³ и один объемом 50 м³. На объекте присутствуют баллоны со сжатыми газами.

Вид с проходной №1 здания АО «Энергощит» представлен на рисунке 3.



Рисунок 3 – Вид с проходной №1

Вид с проходной №2 здания АО «Энергощит» представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Вид с проходной №2

Оперативно-тактическая характеристика заводоуправления и инженерного корпуса представлена в таблице 2.

Таблица 2 – Оперативно-тактическая характеристика заводоуправления и инженерного корпуса

Размеры geometr.	Конструктивные элементы (предел огнестойкости)				Кол – во входов	Характеристика лестничных клеток	Энергетическое обеспечение			Системы извещения и тушения
	стены	перекрытия	перегородки	кровля			напряжение в сети	где и кем отключается	отопление	
Заводоуправление										
66,5 x 17,7	кирпичные	железобетонные плиты	кирпичные	металлический профилированный настил по деревянным стропилам	2	внутренние, размещенные в лестничных клетках	220	щитком освещения на I этаже у центрального входа, охраной	центральное водяное	,
Инженерный корпус										
208,2 x 17,7	железобетонные панели	железобетонные плиты	железобетонные	металлический профилированный настил	3	внутренние, размещенные в лестничных клетках	380, 220	щитком освещения на I этаже у центрального входа, охраной	центральное водяное	АПС

Итак, по итогам анализа оперативно-тактической характеристики АО «Энергощит» можно отметить, что «возможными местами возникновения пожара являются склады цеха, электрощитовые, административные помещения.

Возможные пути распространения: по коридорам, по перекрытиям и перегородкам помещений. Возможные места обрушения: перекрытия вышележащих этажей в местах длительного воздействия высокой температуры пламени, лестничные проемы в местах длительного воздействия высокой температуры пламени, кровля в местах длительного воздействия высокой температуры пламени.

Возможные зоны задымления: подвал и все вышележащие этажи через лестничные клетки, оконные проемы (в случае нарушения целостности оконных стекол). Возможные зоны теплового воздействия: в местах наиболее интенсивного излучения пламени и воздействия конвективных потоков» [15].

3 Разработка вариантов развития и тушения возможных вариантов пожаров на объекте

Проведем расчет сил и средств по 1 сценарию. Пожар возник в цехе размером 22,1x17,85 м. Стены кирпичные покрашены, на полу паркетная доска, в данном помещении четыре дверных проема в деревянном исполнении.

«Определение времени свободного развития горения» [15]:

$$T_{св} = T_{дс} + T_{сб} + T_{сл} + T_{бр}, \quad (1)$$

где $T_{св}$ – времени свободного развития горения.

$$T_{св} = 1 + 1 + 3 + 3 = 8 \text{ мин.}$$

«Определение пути, пройденного огнем» [15]:

$$L = 0,5 \cdot V_{л} \cdot T_{св}, \quad (2)$$

где $V_{л}$ – объем помещения;

$T_{св}$ – времени свободного развития горения.

$$L = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 8 = 6 \text{ м.}$$

«Определяем форму развития пожара. На схему наносим путь, пройденный огнем за время равное 8 мин» [15]. Форма площади пожара круглая (рисунок 5).

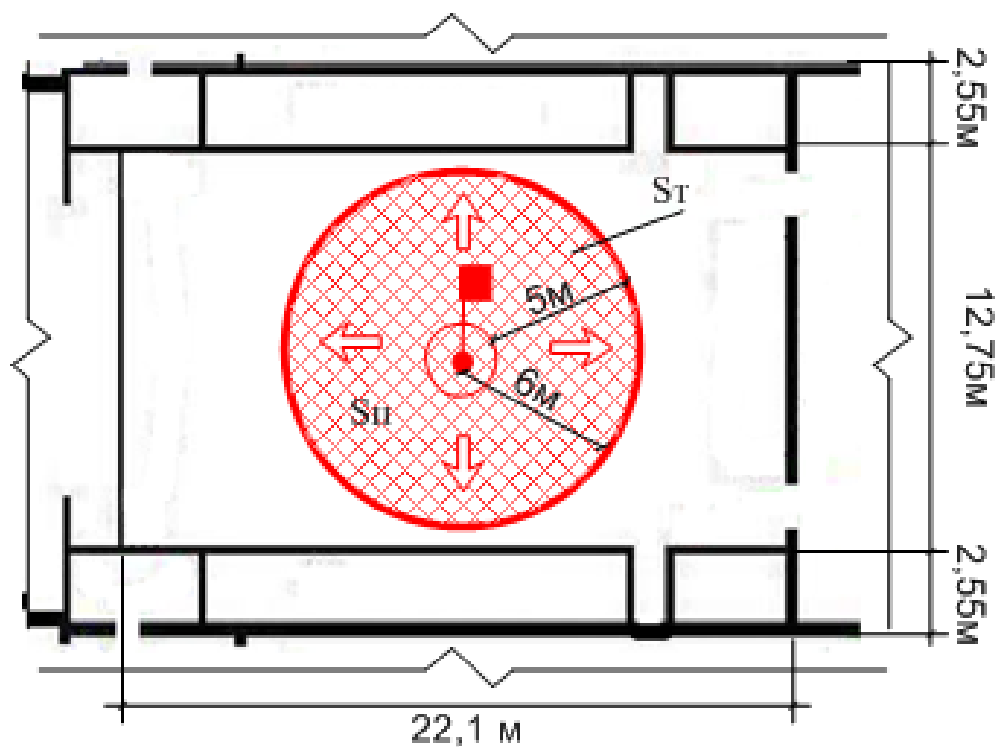


Рисунок 5 – Форма пожара по первому сценарию

Определение площади пожара:

$$S_n = \pi \cdot S, \quad (3)$$

где S – площадь помещения.

$$S_n = 3,14 \cdot 36 = 113 \text{ м}^2$$

Тушение будем производить ручными стволами. Глубина тушения ствола – $h_m = 5$ м. Площадь тушения по фронту будет равна:

$$S_m = \pi(L_n)^2 - \pi(L_n - h_m)^2, \quad (4)$$

$$S_m = 3,14 \cdot 36 - 3,14 \cdot 1 = 109,9 \text{ м}^2.$$

«Расчет сил и средств 1-м РТП. Определяем требуемый расход воды на тушение пожара» [15]:

$$Q_{mp}^m = S_m \cdot I_{mp}, \quad (5)$$

где $I_{mp} = 0,15$ л/(м²·с) – «требуемая интенсивность подачи воды на тушение пожара» [15].

$$Q_{mp}^m = 109,9 \cdot 0,15 = 16,5 \text{ л/с.}$$

«Определяем требуемое количество стволов на тушение пожара и защиту помещений. Тушения пожара будем производить стволами «А». Стволы на тушение» [15]:

$$N_{ств}^m = \frac{Q_{mp}^m}{q_{ств}}, \quad (6)$$

где $q_{ств} = 7$ л/с – расход ствола «А».

$$N_{ств}^m = \frac{16,5}{7} = 3 \text{ ствола «А».}$$

«Стволы на защиту. Один ствол А на защиту балкона. Проверяем обеспеченность объекта огнетушащими веществами» [15].

$$Q_{вод} = 80 \text{ л/с} > Q_{\phi} = 28 \text{ л/с.} \quad (7)$$

где $Q_{вод} = 80$ л/с – водоотдача водопроводной сети, л/с;

Q_{ϕ} – фактический расход ОВ на тушение пожара, л/с.

$$Q_{\phi} = Q_{\phi}^m + Q_{\phi}^3, \quad (8)$$

$$Q_{\phi} = Q_{\phi}^m + Q_{\phi}^3 = 21 + 7 = 28 \text{ л/с.}$$

$$Q_{\phi}^m = \sum N_{\text{ств}^m} \cdot q_{\text{ств}^m}, \quad (9)$$

$$Q_{\phi}^m = 3 \cdot 7 = 21 \text{ л/с.}$$

$$Q_{\phi}^3 = \sum N_{\text{ств}^3} \cdot q_{\text{ств}^3}, \quad (10)$$

$$Q_{\phi}^3 = 1 \cdot 7 = 7 \text{ л/с.}$$

«Определение предельного расстояния подачи огнетушащих веществ» [15]:

$$L_{\text{пред}} = \left(\left(H_{\text{нас}} - (H_{\text{раз}} - Z_{\text{мест}} - Z_{\text{ств}}) / (S \cdot Q^2) \right) \cdot (20/1, 2) \right), \quad (11)$$

$$L_{\text{пред}} = \left(\left(100 - (45 + 0 + 2) / (0,015 \cdot 21^2) \right) \cdot (20/1, 2) \right) = 133 \text{ м.}$$

«Учитывая, что ПГ расположены на расстоянии 50-70 м от входа их использование возможно. Водоснабжение удовлетворительное. Определяем требуемое количество пожарных автомобилей основного назначения» [15]:

$$N_{\text{ПА}} = \frac{Q_{\phi}}{0,8 \cdot Q_{\text{н}}}, \quad (12)$$

где $Q_{\text{н}} = 40$ л/с – производительность насоса.

$$N_{\text{ПА}} = \frac{28}{0,8 \cdot 40} = 0,9 \Rightarrow 1 \text{ шт.}$$

«Определяем численность личного состава необходимого для тушения пожара» [15]:

$$N_{\text{л/с}} = \left(\sum n_i^{\text{л/с}} \right), \quad (13)$$

где (4·3) чел. – 4 звена ГДЗС на тушение пожара и защиту балкона;

- 4 чел. – 4 поста безопасности;
- 2 чел. – КПП;
- 3 чел. – резервное звено ГДЗС.

$$N_{л/с} = (4 \cdot 3 + 4 + 2 + 3) = 21 \text{ чел.}$$

Определение требуемого количества отделений и номера вызова:

$$N_{отд} = N_{л/с} / 4 \text{ чел.} \quad (14)$$

$$N_{отд} = 21 / 4 = 6 \text{ отделений.}$$

«Определяем ранг пожара (номер вызова), поскольку расписанием выезда привлечение 6-ти отделений на основных пожарных автомобилях предусмотрено по вызову № 2. Вывод: сил и средств, привлекаемых для тушения данного пожара достаточно по вызову № 2» [15].

«Определяем время развития пожара на момент его локализации» [15]:

$$T_{св} = T_{дс} + T_{сб} + T_{сл} + T_{бр}, \quad (15)$$

где $T_{св}$ – времени свободного развития горения.

$$T_{св} = 1 + 1 + 7 + 3 = 12 \text{ мин.}$$

«Определяем путь, пройденный огнем за время развития пожара до момента его локализации» [15]:

$$L^{12} = 0,5 \cdot V_{л} \cdot 10 + V_{л} \cdot (t_{св} - 10) + 0,5 \cdot V_{л} \cdot t_{лок} = L^8 + 0,5 \cdot V_{л} \cdot t_{лок}, \quad (16)$$

$$t_{лок} = t_{p-II} - t_{p-1}, \quad (17)$$

$$t_{\text{лок}} = 12 - 8 = 4 \text{ мин.}$$

$$L^{12} = 6 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot 4 = 9 \text{ м.}$$

«Определяем форму развития пожара. На схему наносим путь, пройденный огнем за время равное 12 мин» [15]. Форма площади пожара прямоугольная (рисунок 6).

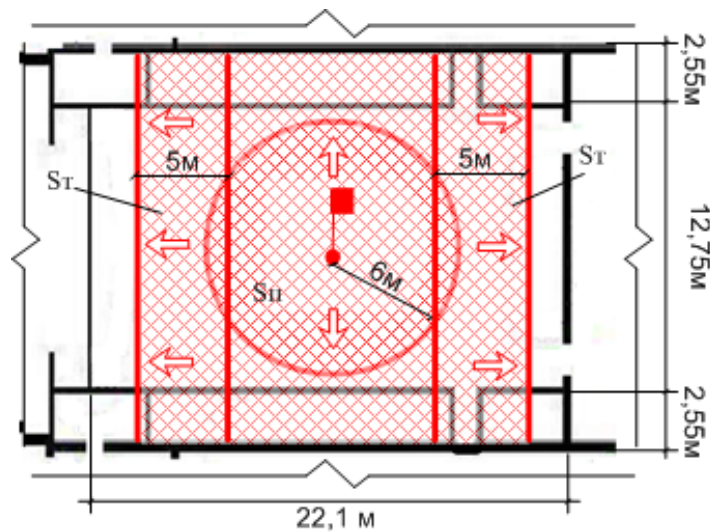


Рисунок 6 – Форма развития пожара по первому сценарию

«Определяем площадь пожара на 12-й минуте его развития» [15]:

$$S_n = 17,85 \cdot 18 = 321,3 \text{ м}^2.$$

Тушение будем производить ручными стволами. Глубина тушения ствола – $h_m = 5$ м. Площадь тушения по фронту будет равно:

$$S_m = (17,85 \cdot 5) \cdot 2 = 178,5 \text{ м}^2.$$

«Расчет сил и средств на момент локализации пожара. Определяем требуемый расход воды на тушение пожара» [15]:

$$Q_{mp}^m = S_m \cdot I_{mp}, \quad (18)$$

$$Q_{mp}^m = 178,5 \cdot 0,15 = 26,8 \text{ л/с.}$$

«Определяем требуемое количество стволов на тушение пожара и защиту помещений. Стволы на тушение» [15]:

$$N_{ств}^m = \frac{Q_{mp}^m}{q_{ств}}, \quad (19)$$

$$N_{ств}^m = \frac{26,8}{7} = 3,83 \Rightarrow 4 \text{ ствола «А».}$$

Стволы на защиту. Один ствол А на защиту балкона. «Проверяем обеспеченность объекта огнетушащими веществами» [15].

$$Q_{вод} = 80 \text{ л/с} > Q_{\phi} = 35 \text{ л/с.} \quad (20)$$

где $Q_{вод} = 80$ л/с – водоотдача водопроводной сети, л/с;

Q_{ϕ} – фактический расход ОВ на тушение пожара, л/с.

$$Q_{\phi} = Q_{\phi}^m + Q_{\phi}^3, \quad (21)$$

$$Q_{\phi} = Q_{\phi}^m + Q_{\phi}^3 = 28 + 7 = 35 \text{ л/с.}$$

$$Q_{\phi}^m = \sum N_{ств}^m \cdot q_{ств}, \quad (22)$$

$$Q_{\phi}^m = 4 \cdot 7 = 28 \text{ л/с.}$$

$$Q_{\phi}^3 = \sum N_{ств}^3 \cdot q_{ств}, \quad (23)$$

$$Q_{\phi}^3 = 1 \cdot 7 = 7 \text{ л/с.}$$

«Определение предельного расстояния подачи огнетушащих веществ» [15]:

$$L_{пред} = \left(\left(H_{нас} - (H_{раз} - Z_{мест} - Z_{ств}) / (S \cdot Q^2) \right) \cdot (20/1,2) \right), \quad (24)$$

$$L_{пред} = \left(\left(100 - (45 + 0 + 2) / (0,015 \cdot 21^2) \right) \cdot (20/1,2) \right) = 133 \text{ м.}$$

«Учитывая, что ПГ расположены на расстоянии 50-70 м от входа их использование возможно. Водоснабжение удовлетворительное. Определяем требуемое количество пожарных автомобилей основного назначения» [15]:

$$N_{ПА} = \frac{Q_{ф}}{0,8 \cdot Q_{н}}, \quad (25)$$

где $Q_{н} = 40$ л/с – производительность насоса.

$$N_{ПА} = \frac{35}{0,8 \cdot 40} = 1,1 \Rightarrow 2 \text{ шт.}$$

«Определяем численность личного состава необходимого для тушения пожара» [15]:

$$N_{л/с} = \left(\sum n_i^{л/с} \right), \quad (26)$$

где 5·3 чел. – 5 звеньев ГДЗС на тушение пожара и защиту балкона;

5 чел. – 5 постов безопасности;

1 чел. – КПП;

3 чел. – резервное звено ГДЗС.

$$N_{л/с} = (5 \cdot 3 + 5 + 1 + 3) = 24 \text{ чел.}$$

«Определение требуемого количества отделений и номера вызова» [15]:

$$N_{отд} = N_{л/с} / 4 \text{ чел.} \quad (27)$$

$$N_{отд} = 24 / 4 = 6 \text{ отделений.}$$

«Согласно расписанию выезда привлечение 6-ти отделений на основных пожарных автомобилях предусмотрено по вызову № 2. Вывод: Сил и средств, привлекаемых для тушения данного пожара достаточно по вызову № 2» [15].

Проведем расчет сил и средств по 2 сценарию. Пожар возник в помещении размером 21,5 х 17 м. Стены кирпичные побелены, в данном помещении имеются пять дверных проема. Высота – 14 м.

«Определение времени свободного развития горения» [15]:

$$T_{св} = T_{дс} + T_{сб} + T_{сл} + T_{бр}, \quad (28)$$

где $T_{св}$ – времени свободного развития горения.

$$T_{св} = 1 + 1 + 3 + 3 = 8 \text{ мин.}$$

«Определение пути, пройденного огнем» [15]:

$$L = 0,5 \cdot V_{л} \cdot T_{св}, \quad (29)$$

где $V_{л}$ – объем помещения;

$T_{св}$ – времени свободного развития горения.

$$L = 0,5 \cdot 1,5 \cdot 8 = 6 \text{ м.}$$

«Определяем форму развития пожара. На схему наносим путь, пройденный огнем за время равное 8 мин» [15]. Форма площади пожара круглая (рисунок 7).

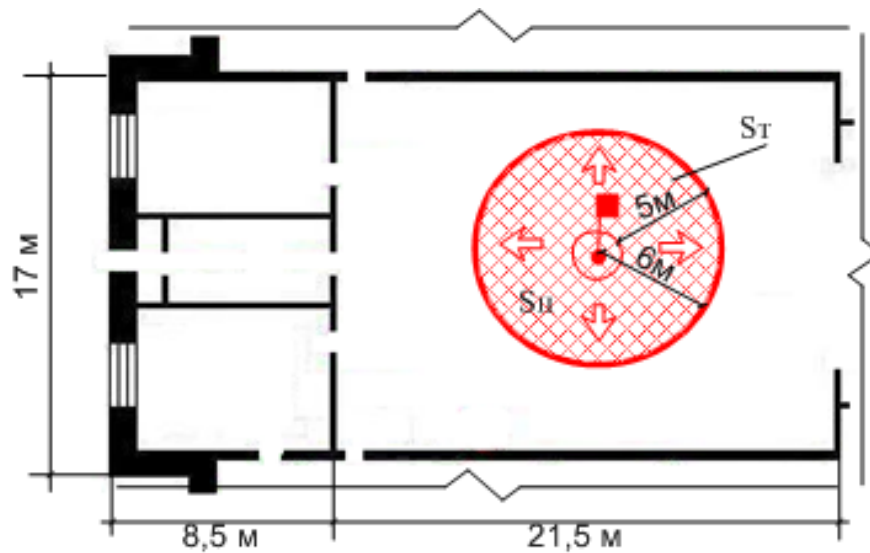


Рисунок 7 – Форма площади пожара по второму сценарию

«Определение площади пожара» [15]:

$$S_n = 3,14 \cdot 36 = 113 \text{ м}^2.$$

«Тушение будем производить ручными стволами. Глубина тушения ствола – $h_m = 5$ м. Площадь тушения по фронту будет равно» [15]:

$$S_m = \pi \cdot (L_n)^2 - \pi \cdot (L_n - h_m)^2, \quad (30)$$

$$S_m = 3,14 \cdot 36 - 3,14 \cdot 1 = 109,9 \text{ м}^2.$$

«Расчет сил и средств 1-м РТП. Определяем требуемый расход воды на тушение пожара» [15]:

$$Q_{mp}^m = S_m \cdot I_{mp}, \quad (31)$$

где $I_{mp} = 0,20$ л/($\text{м}^2 \cdot \text{с}$) – требуемая интенсивность подачи воды на тушение пожара.

$$Q_{mp}^m = 109,9 \cdot 0,2 = 22 \text{ л/с.}$$

«Определяем требуемое количество стволов на тушение пожара и защиту помещений. Тушения пожара будем производить стволами А» [15].

Стволы на тушение:

$$N_{ств}^m = \frac{Q_{mp}^m}{q_{ств}}, \quad (32)$$

где $q_{ств} = 7$ л/с – расход ствола «А».

$$N_{ств}^m = \frac{22}{7} = 4 \text{ ствола «А».}$$

«Стволы на защиту. Один ствол А на защиту колосников. Проверяем обеспеченность объекта огнетушащими веществами» [15].

$$Q_{вод} = 80 \text{ л/с} > Q_{ф} = 35 \text{ л/с.} \quad (33)$$

где $Q_{вод} = 80$ л/с – водоотдача водопроводной сети, л/с;

$Q_{ф}$ – фактический расход ОВ на тушение пожара, л/с.

$$Q_{ф} = Q_{ф}^m + Q_{ф}^3, \quad (34)$$

$$Q_{ф} = Q_{ф}^m + Q_{ф}^3 = 28 + 7 = 35 \text{ л/с.}$$

$$Q_{ф}^m = \sum N_{ств}^m \cdot q_{ств}, \quad (35)$$

$$Q_{ф}^m = 4 \cdot 7 = 28 \text{ л/с.}$$

$$Q_{ф}^3 = \sum N_{ств}^3 \cdot q_{ств}, \quad (36)$$

$$Q_{ф}^3 = 1 \cdot 7 = 7 \text{ л/с.}$$

Определение предельного расстояния подачи огнетушащих веществ:

$$L_{пред} = \left(\left(H_{нас} - (H_{раз} - Z_{мест} - Z_{ств}) / (S \cdot Q^2) \right) \cdot (20/1,2) \right), \quad (37)$$

$$L_{пред} = \left(\left(100 - (45 + 0 + 2) / (0,015 \cdot 21^2) \right) \cdot (20/1,2) \right) = 133 \text{ м.}$$

«Учитывая, что ПГ расположены на расстоянии 50-70 м от входа их использование возможно. Водоснабжение удовлетворительное. Определяем требуемое количество пожарных автомобилей основного назначения» [15]:

$$N_{ПА} = \frac{Q_{\phi}}{0,8 \cdot Q_n}, \quad (38)$$

где $Q_n = 40$ л/с – производительность насоса.

$$N_{ПА} = \frac{35}{0,8 \cdot 40} = 1,1 \Rightarrow 2 \text{ шт.}$$

«Определяем численность личного состава необходимого для тушения пожара» [15]:

$$N_{л/с} = \left(\sum n_i^{л/с} \right), \quad (39)$$

где 5·3 чел. – 5 звеньев ГДЗС на тушение пожара и защиту балкона;

5 чел. – 5 постов безопасности;

1 чел. – КПП;

3 чел. – резервное звено ГДЗС.

$$N_{л/с} = (5 \cdot 3 + 5 + 1 + 3) = 24 \text{ чел.}$$

«Определение требуемого количества отделений и номера вызова» [15]:

$$N_{отд} = N_{л/с} / 4 \text{ чел.} \quad (40)$$

$$N_{отд} = 24 / 4 = 6 \text{ отделений.}$$

«Согласно расписанию выезда привлечение 6-ти отделений на основных пожарных автомобилях предусмотрено по вызову № 2. Вывод: сил и средств, привлекаемых для тушения данного пожара достаточно по вызову № 2» [15].

«Прогнозирование параметров пожара на момент его локализации (окончание развертывания последним подразделением, прибывшим на пожар по вызову № 2). Определяем время развития пожара на момент его локализации» [15]:

$$T_{св} = T_{дс} + T_{сб} + T_{сл} + T_{бр}, \quad (41)$$

где $T_{св}$ – времени свободного развития горения.

$$T_{св} = 1 + 1 + 7 + 3 = 12 \text{ мин.}$$

«Определяем путь, пройденный огнем за время развития пожара до момента его локализации» [15]:

$$L^{12} = 0,5 \cdot V_{л} \cdot 10 + V_{л} \cdot (t_{св} - 10) + 0,5 \cdot V_{л} \cdot t_{лок} = L^8 + 0,5 \cdot V_{л} \cdot t_{лок}, \quad (42)$$

$$t_{лок} = t_{p-II} - t_{p-1}, \quad (43)$$

$$t_{лок} = 12 - 8 = 4 \text{ мин.}$$

$$L^{12} = 6 + 0,5 \cdot 1,5 \cdot 4 = 9 \text{ м.}$$

«Определяем форму развития пожара. На схему наносим путь, пройденный огнем за время равное 12 мин» [15]. Форма площади пожара прямоугольная (рисунок 8).

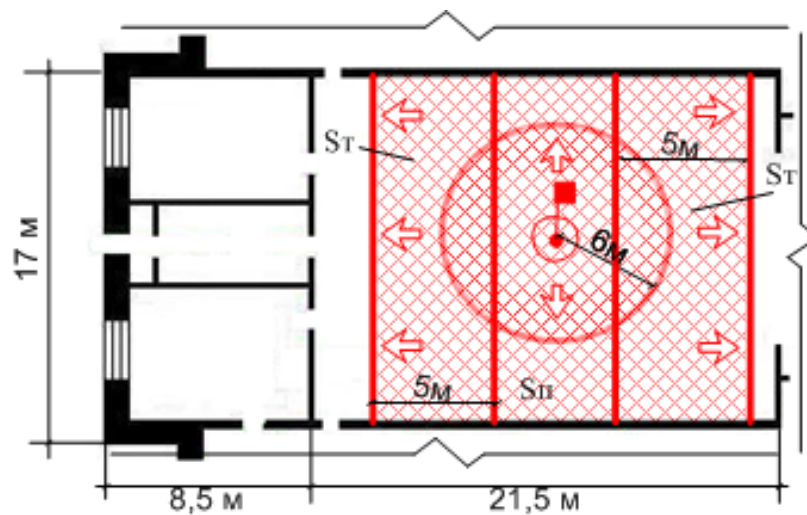


Рисунок 8 – Форма развития пожара по второму сценарию

«Определяем площадь пожара на 12-й минуте его развития» [15]:

$$S_m = 17 \cdot 18 = 306 \text{ м}^2.$$

«Тушение будем производить ручными стволами. Глубина тушения ствола – $h_m = 5$ м. Площадь тушения по фронту будет равно» [15]:

$$S_m = (17 \cdot 5) \cdot 2 = 170 \text{ м}^2.$$

«Расчет сил и средств на момент локализации пожара. Определяем требуемый расход воды на тушение пожара» [15].

$$Q_{тр}^m = S_m \cdot I_{тр}, \quad (44)$$

где $I_{тр} = 0,20$ л/(м²·с) – требуемая интенсивность подачи воды на тушение пожара.

$$Q_{тр}^m = 170 \cdot 0,2 = 34 \text{ л / с.}$$

«Определяем требуемое количество стволов на тушение пожара и защиту помещений. Стволы на тушение» [15]:

$$N_{ств}^m = \frac{Q_{мп}^m}{q_{ств}}, \quad (45)$$

где $q_{ств} = 7$ л/с – расход ствола «А».

$$N_{ств}^m = \frac{34}{7} = 4,85 \Rightarrow 5 \text{ СТВОЛОВ «А»}.$$

«Стволы на защиту. Один ствол «А» на защиту колосников. Проверяем обеспеченность объекта огнетушащими веществами» [15].

$$Q_{вод} = 80 \text{ л/с} > Q_{ф} = 42 \text{ л/с}. \quad (46)$$

где $Q_{вод} = 80$ л/с – водоотдача водопроводной сети, л/с;

$Q_{ф}$ – фактический расход ОВ на тушение пожара, л/с.

$$Q_{ф} = Q_{ф}^m + Q_{ф}^3, \quad (47)$$

$$Q_{ф} = Q_{ф}^m + Q_{ф}^3 = 35 + 7 = 42 \text{ л/с}.$$

$$Q_{ф}^m = \sum N_{ств}^m \cdot q_{ств}, \quad (48)$$

$$Q_{ф}^m = 5 \cdot 7 = 35 \text{ л/с}.$$

$$Q_{ф}^3 = \sum N_{ств}^3 \cdot q_{ств}, \quad (49)$$

$$Q_{ф}^3 = 1 \cdot 7 = 7 \text{ л/с}.$$

«Определение предельного расстояния подачи огнетушащих веществ» [15]:

$$L_{пред} = \left(\left(H_{нас} - (H_{раз} - Z_{мест} - Z_{ств}) / (S \cdot Q^2) \right) \cdot (20/1,2) \right), \quad (50)$$

$$L_{пред} = \left((100 - (45 + 0 + 2) / (0,015 \cdot 21^2)) \cdot (20/1,2) \right) = 133 \text{ м.}$$

«Учитывая, что ПГ расположены на расстоянии 50-70 м от входа их использование возможно. Водоснабжение удовлетворительное. Определяем требуемое количество пожарных автомобилей основного назначения» [15]:

$$N_{ПА} = \frac{Q_{\phi}}{0,8 \cdot Q_n}, \quad (51)$$

где $Q_n = 40$ л/с – производительность насоса.

$$N_{ПА} = \frac{42}{0,8 \cdot 40} = 1,31 \Rightarrow 2 \text{ шт.}$$

«Определяем численность личного состава необходимого для тушения пожара» [15]:

$$N_{л/с} = \left(\sum n_i^{л/с} \right), \quad (52)$$

где 5·3 чел. – 5 звеньев ГДЗС на тушение пожара и защиту балкона;

5 чел. – 5 постов безопасности;

1 чел. – КПП;

3 чел. – резервное звено ГДЗС.

$$N_{л/с} = (5 \cdot 3 + 5 + 1 + 3) = 24 \text{ чел.}$$

«Определение требуемого количества отделений и номера вызова» [15]:

$$N_{отд} = N_{л/с} / 4 \text{ чел.} \quad (53)$$

$$N_{\text{отд}} = 24 / 4 = 6 \text{ отделений.}$$

«Согласно расписанию выезда привлечение 6-ти отделений на основных пожарных автомобилях предусмотрено по вызову № 2» [15].

Вывод: сил и средств, привлекаемых для тушения данного пожара достаточно по вызову № 2.

Одним из главных элементов организации эффективной системы пожарной безопасности является специальная система, обеспечивающая ранее обнаружение опасных ситуаций. Благодаря работе подобных систем обеспечивается локализация возгораний при минимизации возможности или же оттягивании времени трансформации обычного возгорания в настоящий, разрушительный пожар. Таким образом, обеспечивается оперативная эвакуация людей с быстрым началом пожаротушения. Все это указывает на необходимость еще на этапе проектирования внедрения таких систем активной безопасности, как:

- «датчики обнаружения дыма, температурные датчики, системы обнаружения огня, газа;
- системы аварийной сигнализации;
- системы ручного и/или автоматического пожаротушения;
- интегрированные или выделенные системы вентиляции и системы пассивной защиты;
- применение вместо горючих и легковоспламеняющихся материалов только пожаробезопасных материалов;
- защита строительных конструкций огнестойкими материалами с целью максимально продлить период функциональной целостности здания с момента возгорания до момента обрушения с целью обеспечить эвакуацию людей и организовать тушение пожара силами специализированных подразделений;
- сегментация зон риска для предотвращения распространения огня;
- естественный отвод дыма и тепла» [14].

Главной опасностью для противопожарных систем является способность пламени распространяться из одного в другое помещение. Пламя может через систему вентиляции перейти из одной части здания в другую, нанося колоссальный ущерб.

Вентиляционная система является идеальной средой для распространения пламени. Данный факт обусловлен тем, что дым, огонь, могут проникать через различные не плотности вентиляционной системы. Учитывая данные факты для обеспечения надежной защиты вентиляционной системы и системы кондиционирования помещения, важно будет учесть ряд следующих нюансов: применение пассивных барьеров, защита пожароопасных участков.

К числу основных мер, обеспечивающих надежную защиту от путей формирования возгорания и распространения огня, потребуется отнести:

- «обеспечение возможности монтажа специальных, механических, огнеупорных створок внутри вентиляционных сетей;
- монтаж специальных огнеупорных клапанов непосредственно на местах входа и выхода вентиляционных каналов из помещения. Для этого идеально подходят специальные саморасширяющиеся материалы, формирующие в случае возгорания особый теплоизоляционный слой пены;
- монтаж огнеупорных затворов внутри технических коробов, внутри которых располагаются вентиляционные каналы;
- применение специальных огнеупорных материалов для изготовления вентканалов» [17].

Работа системы пассивной защиты от пожара функционирует на основе принципа перекрытия клапанов в случае получения сигнала о моменте начала возгорания. При использовании антидымовой системы защиты возникает возможность ограничиться только применением особых противодымовых барьеров. Они размещаются между помещениями, которые находятся внутри конкретного здания.

Лишь за счет взаимодополняемых систем пассивной и активной защиты обеспечивается высокий уровень эффективности пожарной безопасности. Также необходимо обеспечить координацию работы всех систем для исключения вероятности возникновения несогласованности функционирования спасательных мер.

Ранее поднималась теория о том, что при образовании под потолком атриума слоя горячего воздуха, дым не сумеет достичь потолка, что не приведет к срабатыванию датчиков дыма, установленных на потолке помещения.

Предлагаемым техническим решением в данном исследовании является использование детектора VESDA VLF.

«VESDA VLF датчик раннего обнаружения дыма с пробоотбором воздуха основан на передовой мировой технологии VESDA по очень раннему лазерному аспирационному обнаружению дыма. Он обеспечивает возможность обнаружения локализованных очагов воспламенения в ограниченных помещениях с критическими условиями среды. Датчик VESDA VLF-250 обеспечивает мониторинг площадей до 250 м² в зависимости от местных нормативов и стандартов. VESDA VLF дополняет существующий набор детекторов дыма VESDA, и разработан в расчете на простоту установки и ввода в эксплуатацию, абсолютное детектирование дыма, а также на надежную и своевременную реакцию на события наличия дыма без ложных сигналов срабатывания» [7].

«Индикатор мгновенной регистрации детектора дыма VESDA VLF отображает информацию об уровнях сигнализации и состоянии детектора. Детектор использует ультразвуковое измерение интенсивности потока для контроля целостности пробоотборного воздуховода. Ультразвуковое измерение интенсивности потока не подвержено влиянию температуры, влажности и давления» [8].

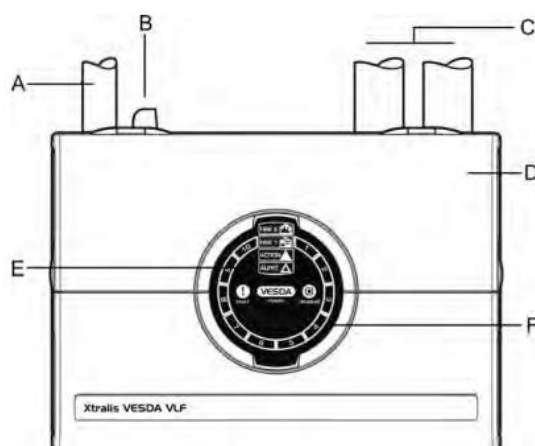
«Хронология работы детектора записывается в энергонезависимой памяти с помощью функции регистрации событий Event Logging. Туда же

записываются данные по тенденциям изменения уровня задымленности, интенсивности потока, изменениям конфигурации. С помощью программы Xtralis VSC эти события могут анализироваться по отдельности» [22].

Параметры устройства:

- «совершенное лазерное обнаружение дыма;
- широкий диапазон чувствительности;
- программируемый уровень сигнализации;
- очистительный воздушный барьер для защиты оптики;
- индикатор мгновенной регистрации;
- ультразвуковое измерение интенсивности потока;
- опорные измерения;
- откидная крышка для технологического обслуживания;
- отдельная регистрация событий;
- вспомогательная программа моделирования воздухопроводов;
- конфигуратор системы для обслуживания на месте установки» [21].

На рисунке 9 представлен вид детектора спереди в установленном и рабочем состоянии.



(А – входной патрубок воздуха, В – выходной дефлектор, С – кабельные вводы, D – задний кабельный ввод, E – индикатор мгновенной регистрации, F – дисковый индикатор Smoke Dial)

Рисунок 9 – Вид детектора спереди в установленном и рабочем состоянии

Индикатор мгновенной регистрации предоставляет оперативные сведения об уровне задымленности по отношению к уровню Fire 1, что отражено на рисунке 10.



Рисунок 10 – Индикатор мгновенной регистрации

Обозначения, представленные на рисунке подробно рассмотрены в таблице 3.

Таблица 3 – Описание индикаторов детектора VESDA

Уровень	Обозначение	Описание	Цвет светодиода
A	FIRE 2	указывает на достижение уровня задымленности Fire 2	красный
B	FIRE 1	указывает на достижение уровня задымленности Fire 1	красный
C	ACTION	указывает на достижение уровня Action (действие)	красный
D	ALERT	указывает на достижение уровня Alert (сигнал тревоги)	красный
E	DISABLED	указывает на то, что устройство отключено или находится в режиме ожидания (мигает)	желтый
F	POWER	светится при включенном питании детектора	зеленый
G	FAULT	непрерывное свечение этого светодиода указывает на срочную неисправность (UF). Прерывистое свечение указывает на несрочную неисправность (NUF)	желтый

«Детектор VESDA содержит лазерное устройство и классифицируется по Классу 1 лазерной безопасности, соответствующее нормативам FDA 21 CFR 1040.10. Лазер расположен в герметичной камере детектора и не содержит обслуживаемых частей. Лазер излучает свет невидимого диапазона и может представлять опасность при попадании в незащищенный глаз. Камеру детектора нельзя открывать ни при каких обстоятельствах» [23].

«Для защиты открытых площадей порог пожарной сигнализации, подразумевающий процедуру инициации эвакуации из здания через панель противопожарной сигнализации, не должен устанавливаться ниже, чем на 19,1 см. Детектор может отправлять этот сигнал либо через выход панели противопожарной сигнализации, либо через выход предварительного оповещения (Prealarm)» [20].

«В процессе установки газового модуля извещателя VESDA ECO необходимо убедиться в отсутствии существенного влияния на способность детектора обнаруживать дым в соответствии с заявленными характеристиками. При проведении расчетов трубной сети в программе ASPIRE 2 необходимо проверить, что все устройства учтены в проекте» [20].

На представленном ниже рисунке 11 показан правильный вариант подключения лазерных детекторов VESDA к стандартному пульту пожарной сигнализации (FACP). На этой схеме представлено также правильное подключение оконечного (EOL) резистора.

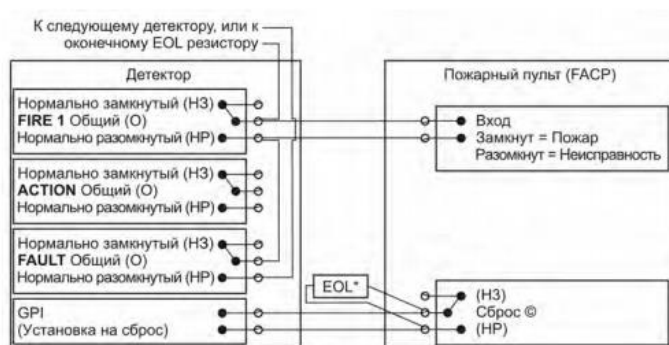


Рисунок 11 – Типичная схема подключения конца линии к пожарному пульту

«Детектор VESDA VLF поддерживает несколько вариантов готовых воздуховодных конструкций, упрощающих монтаж воздухопробоотборной сети. Детектор VESDA VLF может производить отбор проб вдоль решеток обратного воздуха вентиляционных установок. Рекомендуемая покрываемая площадь в расчете на каждое пробоотборное отверстие для детектора VESDA VLF составляет 0.4 м². Это значение следует учитывать наряду с местными нормативами и стандартами» [20].

Несколько моментов, которые следует учитывать при установке воздуховодной сети:

- «пробоотборные отверстия должны располагаться на одинаковом расстоянии друг от друга (равном около 20% от расстояния до первого отверстия) на конце пробоотборной трубы должна быть надета торцевая крышка без отверстия;
- при установке необходимо учитывать требования к последующему техобслуживанию вентиляционной установки» [23].

«Воздуховодная сеть не должна препятствовать доступу к фильтрам, и она должна легко собираться и разбираться с помощью муфтовых сочленений. При нормальных рабочих условиях на дисковом индикаторе Smoke Dial отображается уровень задымленности пробируемого воздуха. При работе Системы мгновенного обнаружения неисправностей Instant Fault Finder сегменты индикатора Smoke Dial временно преобразуются в индикаторы неисправностей, причем каждый сегмент соответствует определенному неисправному состоянию» [23].

«Уровень задымленности отображается на индикаторе Smoke Dial (A), обеспечивая информацию о пожарных ситуациях на очень ранних стадиях. Этот индикатор дает мгновенные сведения о задымленности относительно порогового уровня срабатывания сигнализации Fire 1. Могут светиться от 1 до 10 сегментов. Каждый сегмент эквивалентен 1/10 уровня Fire 1» [21].

Индикатор уровня задымленности и условий неисправности отражен на рисунке 12.



(А – индикатор Smoke Dial и Fault Type, В – кнопка Reset, С – кнопка Disable, D – Сигнал неисправности)

Рисунок 12 – Индикатор уровня задымленности и условий неисправности

«При обнаружении неисправности детектора, индикатор неисправности (D) светится непрерывно в случае срочной аварийной Urgent Fault (UF) ситуации и мигает в случае срочной Non-Urgent Faults (NUF) ситуации. Функция мгновенного обнаружения неисправностей включается путем одновременного нажатия кнопок Reset и Disable. Instant Fault Finder обеспечивает быструю диагностику неисправностей и переключает индикатор Smoke Dial в другой режим. Один или несколько сегментов индикатора Smoke Dial светятся, указывая номер неисправности. В представленной ниже таблице приведено описание неисправностей и рекомендуемые действия по их устранению» [21].

В третьем разделе разработаны варианты развития и тушения возможных пожаров на рассматриваемом объекте. В данной работе предлагается к использованию датчик VESDA VLF «раннего обнаружения дыма с пробоотбором воздуха. Он обеспечивает возможность обнаружения локализованных очагов воспламенения в ограниченных помещениях с критическими условиями среды» [23].

4 Рекомендации для должностных лиц при пожаре

Если в учреждении не удалось избежать пожара, необходимо следовать твердо установленному порядку действий при пожаре.

Руководитель учреждения, сотрудники и обслуживающий персонал в случае возникновения пожара или его признаков (дыма, запаха горения или тления различных материалов и т. п.), а также каждый гражданин обязаны:

- «немедленно сообщить о пожаре по телефону в пожарную охрану (при этом необходимо назвать адрес объекта, место возникновения пожара, а также сообщить свою фамилию);
- принять по возможности меры по эвакуации людей, тушению пожара и сохранности материальных ценностей» [5].

Прибывшие к месту пожара обязаны:

- «продублировать сообщение о возникновении пожара в пожарную охрану, четко назвав адрес учреждения, по возможности место возникновения пожара, что горит и чему пожар угрожает (в первую очередь, – какова угроза для людей), а также сообщить свою должность и фамилию, номер телефона, дать сигнал тревоги местной добровольной пожарной дружине, сообщить дежурному по учреждению или руководителю (в рабочее время);
- принять немедленные меры по организации эвакуации людей, начиная эвакуацию из помещения, где возник пожар, а также из помещений, которым угрожает опасность распространения огня и продуктов горения, используя для этого имеющиеся силы и средства;
- проверить включение в работу (или привести в действие) автоматических систем противопожарной защиты (оповещения людей о пожаре, пожаротушения, противодымной защиты);
- при необходимости отключить электро- и газоснабжение (за исключением систем противопожарной защиты), остановить работу

транспортирующих устройств, агрегатов, аппаратов, перекрыть сырьевые, газовые, паровые и водяные коммуникации, остановить работу систем вентиляции в аварийном и смежном с ним помещениях, выполнить другие мероприятия, способствующие предотвращению распространения пожара и задымления помещений здания;

- прекратить все работы в здании (если это допустимо по технологическому процессу производства), кроме работ, связанных с мероприятиями по ликвидации пожара;
- удалить за пределы опасной зоны всех работников, не участвующих в тушении пожара;
- осуществить общее руководство по тушению пожара (с учетом специфических особенностей объекта) до прибытия подразделения пожарной охраны;
- обеспечить соблюдение требований безопасности работниками, принимающими участие в тушении пожара;
- одновременно с тушением пожара организовать эвакуацию и защиту материальных ценностей;
- организовать встречу подразделений пожарной охраны и оказать помощь в выборе кратчайшего пути для подъезда к очагу пожара» [5].

По прибытии пожарного подразделения руководитель объекта (или лицо, его замещающее) обязан четко проинформировать руководителя тушения пожара о том:

- «все ли эвакуированы из горящего или задымленного здания и в каких помещениях еще остались люди;
- о конструктивных и технологических особенностях объекта, прилегающих строений и сооружений;
- о наличии и местах хранения ядовитых и взрывчатых веществ, установок, не подлежащих отключению по специальным требованиям, для чего он должен иметь списки с указанием количества этих веществ и числа установок для каждого помещения,

и т.д., а также организовать привлечение сил и средств объекта к осуществлению необходимых мероприятий, связанных с ликвидацией пожара и предупреждением его распространения» [5].

План действий персонала при возникновении пожара представлен в таблице 4.

Таблица 4 – План действий персонала при возникновении пожара

Наименование действий	Порядок и последовательность действий	Ответственный исполнитель
Сообщение о пожаре	При обнаружении пожара или его признаков немедленно сообщить по телефону 01, 010, 112 с сотового в пожарную охрану, сообщить адрес, место возникновения пожара и свою фамилию. Оповестить весь персонал и посетителей, поставить в известность руководство.	Первый заметивший или обнаруживший пожар
Эвакуация людей, порядок эвакуации	Все люди должны выводиться наружу через коридоры и выходы, согласно плану эвакуации, немедленно при обнаружении пожара. В первую очередь эвакуируются те, кому непосредственно угрожает опасность.	Ответственные за обеспечение пожарной безопасности
Эвакуация материальных ценностей	Материальные ценности эвакуируются согласно составленным по помещениям спискам в соответствии с обстановкой пожара. Эвакуация имущества в первую очередь организуется из помещений, где произошел пожар и выносятся наиболее ценное имущество. Организовать охрану.	Персонал
Пункты размещения эвакуированных	При эвакуации в дневной (светлый) периода суток, людей размещают на соседней безопасной территории, в ночной период суток или зимой – в помещениях близко расположенных зданий. Обязательно должна проводиться списочная проверка эвакуированных людей, при обнаружении отсутствий кого-либо, незамедлительно известить руководителя тушения пожара.	Ответственные за обеспечение пожарной безопасности
Отключение электроэнергии	Отключение электроэнергии производится в том случае, если производится тушение пожара водой, а также по окончанию эвакуационных работ для обеспечения дальнейшей работы пожарной охраны по тушению пожара.	электрик.

Продолжение таблицы 4

Наименование действий	Порядок и последовательность действий	Ответственный исполнитель
Тушение пожара до прибытия пожарных подразделений	Тушение пожара организуется и проводится немедленно с момента его обнаружения. Для тушения используются все имеющиеся в средства пожаротушения, в первую очередь огнетушители.	ДПД
Организация встречи пожарного подразделения	По прибытии пожарного подразделения: проинформировать руководителя тушения пожара о ходе эвакуации людей, об очаге пожара, мерах, принятых мерах для его ликвидации пожара.	Директор, заместитель директора

«На данном объекте АСС не создана, техника, средства связи отсутствуют. Участники тушения пожара обеспечены средствами индивидуальной защиты согласно норм положенности. Защита эвакуируемых людей возможна с помощью спасательных устройств СИЗОД л/с пожарной охраны, участвующего в тушении» [15].

В четвертом разделе изучены рекомендации для должностных лиц при пожаре. Изучены действия руководителя и другого персонала при возникновении пожара или его признаков, охарактеризован план действий персонала при возникновении пожара на рассматриваемом объекте.

5 Охрана труда

«Караульная служба организуется в подразделениях пожарной охраны для обеспечения готовности личного состава, мобильных средств пожаротушения, пожарного оборудования и аварийно-спасательного инструмента, снаряжения, средств связи и огнетушащих веществ подразделений к действиям по тушению пожаров и проведению аварийно-спасательных работ, профессиональной подготовки личного состава подразделений» [9].

Во время несения караульной службы проводятся следующие мероприятия:

- «обеспечение постоянной готовности дежурного караула подразделения к проведению боевых действий по тушению пожаров в период боевого дежурства;
- оперативно-тактическое изучение района (подрайона) выезда подразделения;
- контроль за состоянием противопожарного водоснабжения в районе (подрайоне) выезда подразделения;
- организация работы с документами предварительного планирования боевых действий по тушению пожаров;
- поддержание связи между подразделениями гарнизона и службами жизнеобеспечения;
- техническое обслуживание и ремонт техники и вооружения;
- обеспечение охраны помещений и территории подразделения, поддержание в них порядка и выполнение требований пожарной безопасности, а также проведение административно-хозяйственных работ силами личного состава дежурного караула подразделения» [9].

«Для проведения разведки пожара формируется звено ГДЗС в составе не менее трех человек, имеющих на вооружении средства индивидуальной

защиты органов дыхания и зрения и допуск, для сложных сооружений (метрополитен, подземные фойе зданий, здания повышенной сложности, трюмы кораблей, кабельные тоннели, подвалы сложной планировки) - не менее пяти человек. Газодымозащитники одного звена ГДЗС должны иметь средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения единого типа с одинаковым номинальным временем защитного действия» [10].

«При ведении действий по тушению пожара и проведении аварийно-спасательных и специальных работ в части, касающейся соблюдения требований, правил по охране труда, личный состав подразделений ФПС:

- знает и контролирует допустимое время работы в зонах с опасными факторами пожара и заражения аварийно-опасными химическими и радиоактивными веществами;
- знает сигналы оповещения об опасности;
- при продвижении простукивает перед собой пожарным инструментом конструкции перекрытия для предотвращения падения в монтажные, технологические и другие проемы, а также в местах обрушения строительных конструкций;
- продвигается, как правило, вдоль капитальных стен или стен с оконными проемами с соблюдением мер предосторожности, в том числе обусловленных оперативно-тактическими и конструктивными особенностями объекта пожара (аварии)» [10].

«При развертывании сил и средств личным составом подразделений ФПС обеспечивается:

- выбор наиболее безопасных путей прокладки рукавных линий, переноса инструмента и инвентаря;
- установка пожарных автомобилей и оборудования на безопасном расстоянии от места пожара;
- остановка, при необходимости, всех видов транспорта;

- установка единых сигналов об опасности и оповещение о них участников тушения пожара, личного состава подразделений ФПС, работающего на учении;
- вывод участников тушения пожара в безопасное место при явной угрозе взрыва, отравления, радиоактивного облучения, обрушения, вскипания и выброса легковоспламеняющейся и горючей жидкости из резервуаров;
- организация постов безопасности с двух сторон вдоль железнодорожного полотна для наблюдения за движением составов и с своевременным оповещением участников тушения пожара об их приближении в случае прокладки рукавных линий под железнодорожными путями» [10].

«Руководитель тушения пожара, оперативные должностные лица на пожаре и личный состав подразделений ФПС, принимающий участие в тушении пожара, обязаны знать виды и типы веществ и материалов, при тушении которых опасно применять воду или другие огнетушащие вещества на основе воды, перечень которых предусмотрен приложениями к Правилам» [10]

«Запрещается применять пенные огнетушители для тушения горящих приборов и оборудования, находящихся под напряжением, а также веществ и материалов, взаимодействие которых с пеной может привести к вскипанию, выбросу, усилению горения» [10].

«Личный состав подразделений ФПС, действующий в условиях крайней необходимости и (или) обоснованного риска, может допустить отступления от установленных Правилами требований, когда их выполнение не позволяет оказать помощь находящимся в беде людям, предотвратить угрозу взрыва (обрушения) или распространения пожара, принимающего размеры стихийного бедствия» [10].

«По прибытии на пожар РТП немедленно устанавливает связь с обслуживающим персоналом (главным или дежурным врачом) и выясняет,

какие меры приняты для спасания больных из помещений, число больных, подлежащих спасанию, и их транспортабельность, какой медицинский персонал можно привлечь к работе и куда размещать спасаемых» [18].

«Работы по спасанию проводятся быстро, но с соблюдением предосторожностей, чтобы не были причинены повреждения и травмы спасаемым людям. Во всех случаях, когда проводятся спасательные работы, должностные лица организуют вызов скорой медицинской помощи, даже если в данный момент в ней нет необходимости» [10].

«До прибытия на пожар медицинского персонала первую доврачебную помощь пострадавшим в установленном порядке оказывает личный состав подразделений ГПС» [10].

«Боевая подготовка личного состава караулов должна проводиться в целях приобретения и поддержания личным составом караулов на необходимом уровне знаний, умений и навыков, реализуемых посредством теоретической и практической подготовки личного состава караулов к проведению боевых действий по тушению пожаров и ликвидации ЧС» [11].

«Для проведения разведки пожара формируется звено ГДЗС в составе не менее трех человек, имеющих на вооружении средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения и допуск, для сложных сооружений (метрополитен, подземные фойе зданий, зданий повышенной сложности, трюмы кораблей, кабельные тоннели, подвалы сложной планировки) - не менее пяти человек. Газодымозащитники одного звена ГДЗС должны иметь средства индивидуальной защиты органов дыхания и зрения единого типа с номинальным временем защитного действия» [10].

В пятом разделе изучены вопросы охраны труда при тушении пожара, разработана процедура прохождения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров.

6 Охрана окружающей среды и экологической безопасности

Рассмотрим вещества, которые будут оказывать вредное воздействие при возможном возгорании в АО «Электроцит» в таблице 5.

Таблица 5 – Антропогенное воздействие веществ при возможном возгорании в АО «Электроцит»

Вещество/ материал	ПДК (разовая)	Класс опасности	Воздействие на человека
Сажа	0,5	3	«Дисперсный углеродный продукт неполного сгорания. Канцероген, способствует возникновению рака кожи» [12].
Окись углерода	0,15	4	«Газ без цвета и запаха. Токсичен. При острых отравлениях головная боль, головокружение, тошнота, слабость, одышка, учащенный пульс. Возможна потеря сознания, судороги, кома, нарушение кровообращения и дыхания» [12].
Двуокись углерода	0,05	4	«Бесцветный газ со слабым кислотным запахом. Диоксид углерода не токсичен, но не поддерживает дыхание. Большая концентрация в воздухе вызывает удушье» [12].
Сероводород	0,008	2	«Вещество раздражает глаза и дыхательные пути. Вдыхание газа может вызвать отек легких. Быстрое испарение жидкости может вызвать обморожение. Вещество может оказывать действие на центральную нервную систему. Воздействие может вызвать потерю сознания. Воздействие может вызвать смерть. Эффекты могут быть отсроченными» [12].
Диоксин	0,5	1	«Диоксины высоко токсичны и могут вызывать проблемы в области репродуктивного здоровья и развития, поражения иммунной системы, гормональные нарушения и раковые заболевания» [12].
Стирол	0,04	2	«Вещество отрицательно влияет на функцию печени и почек, на кровеносную и нервную системы. Длительное попадание стирола в организм человека грозит катарактами дыхательных путей, раздражением кожи и слизистых оболочек, изменением состава крови, нарушениями функций вегетативной системы» [12].

Как видно из таблицы 5 наиболее опасными веществами являются

диоксин, сероводород и стирол.

«Пожары являются наиболее распространенными аварийными ситуациями, при которых происходит загрязнение ОС. Экологическая опасность пожаров прямо обусловлена изменениями химического состава, температуры воздуха, воды и почвы, а косвенно и других параметров ОС. В условиях пожара горение, как правило, протекает в диффузионном режиме. Вещества и материалы при этом сгорают не полностью и наряду с частичками сажи попадают в ОС в виде газообразных, жидких продуктов горения» [2].

Негативное влияние пожаров сказывается на ухудшении экологического состояния территории, наносится существенный вред не только экосистеме, но и состоянию здоровья населения в следствие выбросов в атмосферу вредных, токсичных соединений. «В целях обеспечения безопасности людей, сохранения флоры и фауны для многих веществ, попадающих в ОС: воздух, воду, почву установлены предельно допустимые концентрации (ПДК), которые не могут вызвать заболевания людей» [2].

«В результате в продуктах горения могут присутствовать самые разнообразные по химическому строению и токсичности соединения. Среди самых распространенных - оксиды углерода, серы, азота, хлористый водород, углеводороды различных классов. Наряду с токсичными и вредными продуктами горения загрязнение ОС может быть вызвано огнетушащими веществами, используемыми в пожаротушении. Поверхностно-активные вещества (ПАВ), применяемые в пожарной охране как смачиватели и пенообразователи, также причиняют вред ОС» [2].

В шестом разделе проидентифицированы экологические аспекты рассматриваемой организации. Разработана процедура получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу.

7 Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности

В таблице 6 отразим план мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на 2021 год.

Таблица 6 – План мероприятий по обеспечению пожарной безопасности на 2021 год

Наименование мероприятия	Ответственный за выполнение	Дата (период) выполнения	Примечание (выполнено/ не выполнено)
Использование детектора VESDA VLF	Руководитель организации, специалист по ОТ и ТБ	1 кв-л 2021 года	выполнено

Главной опасностью для противопожарных систем является способность пламени распространяться из одного в другое помещение. Пламя может через систему вентиляции перейти из одной части здания в другую, нанося колоссальный ущерб.

Вентиляционная система является идеальной средой для распространения пламени. Данный факт обусловлен тем, что дым, огонь, могут проникать через различные не плотности вентиляционной системы. Учитывая данные факты для обеспечения надежной защиты вентиляционной системы и системы кондиционирования помещения, важно будет учесть ряд следующих нюансов: применение пассивных барьеров, защита пожароопасных участков.

Таким образом, применение датчика VESDA VLF является целесообразным мероприятием.

Смета затрат представлена в таблице 7.

Таблица 7 – Смета затрат

Статьи затрат	Сумма, руб.
Строительно-монтажные работы	97300
Стоимость оборудования	1564800
Материалы и комплектующие	-
Пуско-наладочные работы	-
Итого:	1662100

Исходные данные для расчетов представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Исходные данные для расчетов

Наименование показателя	Единица измерения	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
«Общая площадь» [13]	м ²	F	1250	
«Стоимость поврежденного оборудования» [13]	руб/м ²	C _T	17000	
«Стоимость повреждений» [13]	руб/м ²	C _к	94000	
«Вероятность возникновения пожара» [13]	1/м ² в год	J	16,0 x 10 ⁻⁶	
«Площадь пожара на время тушения пожара первичными средствами» [13]	м ²	F _{пож}	180	
«Площадь тушения средствами автоматического пожаротушения» [13]	м ²	F _{пож}	59,0	
«Площадь тушения пожара при отказе всех средств пожаротушения» [13]	м ²	F _{пож}	1250	
«Вероятность тушения пожара первичными средствами» [13]	-	p ₁	0,85	
«Вероятность тушения пожара привозными средствами» [13]	-	p ₂	0,95	
«Вероятность тушения пожара автоматическими средствами» [13]	-	p ₃	0,86	
«Коэффициент, учитывающий степень уничтожения объекта тушения пожара привозными средствами» [13]	-	-	0,52	
«Коэффициент, учитывающий косвенные потери» [13]	-	к	1,3	
«Линейная скорость распространения» [13]	м/мин	v _л	1,25	
«Время свободного горения» [13]	мин	B _{свг}	18	

Продолжение таблицы 8

Наименование показателя	Единица измерения	Условное обозначение	Базовый вариант	Проектный вариант
«Стоимость автоматических средств пожаротушения» [13]	руб.	К	1662100	
«Норма амортизационных отчислений» [13]	%	Н _{ам}	-	5
«Суммарный годовой расход» [13]	т	W _{ов}	-	70
«Оптовая цена огнетушащего вещества» [13]	руб.	Ц _{ов}	-	110
«Коэффициент транспортно-заготовительных расходов» [13]	-	К _{тзср}	-	0,55
«Численность работников обслуживающего персонала» [13]	чел	Ч	-	1
«Зарботная плата 1 работника» [13]	руб.	ЗПЛ	-	12100
«Норма дисконта» [13]	-	НД	-	0,1
«Период реализации мероприятий» [13]	лет	Т	-	21

«Рассчитать годовые материальные потери от пожара при наличии первичных средств пожаротушения М(П₁)» [13]:

$$M(P) = M(P_1) + M(P_2) + M(P_3) = 904082,156 \text{ руб.} \quad (54)$$

«Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных первичными средствами пожаротушения» [13]:

$$M(P_1) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F_{\text{пож}} \cdot (1 + k) \cdot p_1, \quad (55)$$

$$M(P_1) = 0,000016 \cdot 1250 \cdot 17000 \cdot 1250 \cdot (1 + 1,3) \cdot 0,85 = 891031,9 \text{ руб/год.}$$

«Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных привозными средствами пожаротушения» [13]:

$$M(P_2) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0,52 \cdot (1 + k) \cdot (1 - p_1) \cdot p_2, \quad (56)$$

$$M(\Pi_2) = 0,000016 \cdot 1250 \cdot (17000 \cdot 59 + 94000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 1,3) \cdot (1 - 0,85) \cdot 0,95 = 6232,06 \text{ руб/год.}$$

«Математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [13]:

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1 + k) \cdot [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_2], \quad (57)$$

$$M(\Pi_3) = 0,000016 \cdot 1250 \cdot (17000 \cdot 1250 + 94000) \cdot (1 + 1,3) \cdot [1 - 0,85 - (1 - 0,85) \cdot 0,95] = 9818,24 \text{ руб / год.}$$

«Рассчитать годовые материальные потери от пожара при оборудовании объекта средствами автоматического пожаротушения $M(\Pi_2)$ » [13]:

$$M(\Pi_2) = M(\Pi_1) + M(\Pi_2) + M(\Pi_3) + M(\Pi_4), \quad (58)$$

$$M(\Pi_2) = 830875 + 6232,06 + 9818,24 + 0 = 843925,3 \text{ руб / год.}$$

«Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных установками автоматического пожаротушения» [13]:

$$M(\Pi_2) = J \cdot F \cdot C_T \cdot F^*_{\text{пож}} \cdot (1 + k) \cdot (1 - p_1) \cdot p_3, \quad (59)$$

$$M(\Pi_2) = 0,000016 \cdot 1250 \cdot 17000 \cdot 59 \cdot (1 + 1,3) \cdot (1 - 0,85) \cdot 0,86 = 9919,7 \text{ руб.}$$

«Математическое ожидание годовых потерь от пожаров, потушенных привозными средствами пожаротушения» [13]:

$$M(\Pi_3) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F'_{\text{пож}} + C_K) \cdot 0,52 \cdot (1 + k) \cdot (1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3) \cdot p_2, \quad (60)$$

$$M(\Pi_3) = 0,000016 \cdot 2150 \cdot (17000 \cdot 59 + 94000) \cdot 0,52 \cdot (1 + 1,3) \cdot [1 - 0,85 - (1 - 0,85) \cdot 0,86] \cdot 0,95 = 1756,523 \text{ руб / год.}$$

«Математическое ожидание годовых потерь от пожаров при отказе всех средств пожаротушения» [13]:

$$M(\Pi_4) = J \cdot F \cdot (C_T \cdot F''_{\text{пож}} + C_K) \cdot (1 + k) \cdot \{1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3 - [1 - p_1 - (1 - p_1) \cdot p_3] \cdot p_2\}, \quad (61)$$

$$M(\Pi_4) = 0,000016 \cdot 2150 \cdot (17000 \cdot 2150 + 94000) \cdot (1 + 1,3) \cdot \left. \begin{array}{l} 1 - 0,85 - (1 - 0,85) \cdot 0,86 - \\ - [1 - 0,85 - (1 - 0,85) \cdot 0,86] \cdot 0,95 \end{array} \right\} = 0 \text{ руб} / \text{год}.$$

«Расчитать эксплуатационные расходы Р на содержание автоматических систем пожаротушения» [13]:

$$P = A + C = 308436,325 \text{ руб/год}. \quad (62)$$

«Текущие затраты» [13]:

$$C_2 = C_{\text{т.р.}} + C_{\text{с.о.п.}} + C_{\text{о.в.}} = 154421,3 \text{ руб/год}. \quad (63)$$

«Затраты на текущий ремонт» [13]:

$$C_{\text{т.р.}} = \frac{K_2 \cdot H_{\text{т.р.}}}{100\%}, \quad (64)$$

$$C_{\text{т.р.}} = \frac{1662100 \cdot 0,3}{100} = 4986,3 \text{ руб} / \text{год}.$$

«Затраты на оплату труда обслуживающего персонала» [13]:

$$C_{\text{с.о.п.}} = 12 * Ч * ЗПЛ, \quad (65)$$

$$C_{\text{с.о.п.}} = 12 \cdot 1 \cdot 12100 = 145200 \text{ руб} / \text{год}.$$

«Затраты на огнетушащее вещество» [13]:

$$C_{o.b.} = W * Ц * k_{т.з.с.р.}, \quad (66)$$

$$C_{o.b.} = 70 \cdot 110 \cdot 0,55 = 4235 \text{ руб / год.}$$

«Затраты на амортизацию систем автоматических устройств пожаротушения» [13]:

$$A = \frac{K_2 \cdot H_a}{100\%}, \quad (67)$$

$$A = \frac{3000025 \cdot 5}{100\%} = 150001,25 \text{ руб / год.}$$

$$I_t = ([M(П1) - M(П2)] - [P_2 - P_1]) \cdot \frac{1}{(1 + НД)^t} - (K_2 - K_1), \quad (68)$$

$$I_t = \{[584852,897 - 524696,041] - 308436,325\} \cdot \frac{1}{(1+0,1)^t} - 3000025.$$

«Определяем интегральный экономический эффект путем суммирования чистых дисконтированных потоков доходов по каждому году проекта» [13] из таблицы 9.

$$И = \sum_{t=0}^T I_t = 59426384,6 \text{ руб.} \quad (69)$$

Таблица 9 – Расчет денежных потоков за период времени

Год осуществления проекта	M(Π1)-M(Π2)	P ₂ -P ₁	1/(1+НД) ^t	[M(Π1)-M(Π2)-(P ₂ -P ₁)]*1/(1+НД) ^t	K ₂ -K ₁	Чистый дисконтированный поток доходов по годам проекта (И)
2	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ¹	5774341,392	1662100	2774316,392
3	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ²	5794860,356	-	2794835,356
4	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ³	5813512,96	-	2813488,96
5	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ⁴	5830471,782	-	2830446,782
6	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ⁵	5845887,984	-	2845862,984
7	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ⁶	5859902,712	-	2859877,712
8	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ⁷	5872643,375	-	2872618,375
9	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ⁸	5884225,795	-	2884200,795
10	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ⁹	5894755,269	-	2894730,269
11	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ¹⁰	5904327,517	-	2904302,517
12	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ¹¹	5913029,561	-	2913004,561
13	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ¹²	5920940,51	-	2920915,51
14	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ¹³	5928132,282	-	2928107,282
15	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ¹⁴	5934670,256	-	2934645,256
16	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ¹⁵	5940613,869	-	2940588,869
17	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ¹⁶	5946017,154	-	2945992,154
18	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ¹⁷	5950929,231	-	2950904,231
19	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ¹⁸	5955394,755	-	2955369,755
20	60156,856	308436,325	1/(1+НД) ¹⁹	5959454,323	-	2959429,323

Итак, применение датчика VESDA VLF, способствующего раннему обнаружению дыма позволит получить интегральный экономический эффект в размере 59426384,6 руб.

Заключение

Итак, по результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

В первом разделе работы проведен анализ статистических данных о пожарах. По данным, представленным в разделе, можно отметить увеличение числа пожаров (на 8170), увеличение числа возгораний (на 4320) при наличие позитивной тенденции – сокращение числа погибших людей (на 11 чел.), и практически не изменяющееся положение с травмирование (прирост на 2 чел.)

Во втором разделе дана оперативно-тактическая характеристика рассматриваемого объекта. АО «Электрощит» расположено в поселке Красная Глинка, Красноглинского района города Самара. АО «Электрощит» производит разнообразную продукцию, предназначенную для приема, преобразования электрической энергии: комплексные трансформаторные подстанции, распределительные устройства, электротехническую продукцию. АО «Электрощит» оказывает услуги по передаче теплоэнергоресурсов, осуществляет строительно-монтажные, проектные, пуско-наладочные работы, оказание различных услуг: проектных посреднических и иных услуг на коммерческой основе, эксплуатация и ремонт линий электропередач, подстанций, высокоэффективных видов оборудования и техники.

В третьем разделе разработаны варианты развития и тушения возможных пожаров на рассматриваемом объекте. В данной работе предлагается к использованию датчик VESDA VLF «раннего обнаружения дыма с пробоотбором воздуха основан на передовой мировой технологии VESDA по очень раннему лазерному аспирационному обнаружению дыма. Он обеспечивает возможность обнаружения локализованных очагов воспламенения в ограниченных помещениях с критическими условиями среды. Датчик VESDA VLF-250 обеспечивает мониторинг площадей до 250 м² в зависимости от местных нормативов и стандартов. VESDA VLF дополняет существующий набор детекторов дыма VESDA, и разработан в расчете на

простоту установки и ввода в эксплуатацию, абсолютное детектирование дыма, а также на надежную и своевременную реакцию на события наличия дыма без ложных сигналов срабатывания» [23].

В четвертом разделе изучены рекомендации для должностных лиц при пожаре.

В пятом разделе разработана процедура прохождения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров.

В шестом разделе проидентифицированы экологические аспекты рассматриваемой организации. Разработана процедура получения разрешения на осуществление выбросов в атмосферу.

В седьмом разделе рассчитана полученная экономическая эффективность мероприятий, которые предложены в настоящем исследовании.

Список используемых источников

1. Государственный надзор МЧС России в 2021 году. Информационно-аналитический сборник. М.: ФГБУ ВНИИПО МЧС России, 2021. 45 с.
2. Гришин А. М. О влиянии негативных экологических последствий пожаров // Экологические системы и приборы. 2016. №4. С. 40-43.
3. Жаксыбаева Г.Ш. Организация пожарной безопасности на промышленном предприятии // Материалы II Международной научно-технической конференции. №10. 2017. С. 14-20.
4. Ильинский Б.Д. Техника безопасности и противопожарная техника в промышленности: учебное пособие. М.: Metallurgia, 2017. 372 с.
5. Крупкин А.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Вестник Санкт–Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2018. № 4. С. 30–34.
6. Лепешкин О.М. Комплексные средства безопасности и технические средства охранно-пожарной сигнализации. М.: Гелиос АРВ, 2017. 288 с.
7. Максимов А.В., Матвеев А.В., Попивчак И.И. Перспективные направления информационно–аналитической деятельности в области обеспечения пожарной безопасности // Геополитика и безопасность. 2018. № 2(30). С. 113–117.
8. Максимов А.В., Матвеев А.В. Ресурсный потенциал и его использование в системе ГПС МЧС России // Вестник Санкт–Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2018. № 1. С. 62–68.
9. Об утверждении Устава подразделений пожарной охраны [Электронный ресурс]: Приказ МЧС России от 20.10.2017 №452 (ред. от 28.02.2020). URL: <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71733066/>(дата обращения 14.02.2022).

10. Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны [Электронный ресурс]: Приказ Минтруда России от 11.12.2020 № 881н. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70918304/> (дата обращения 03.02.2022).

11. Об утверждении порядка подготовки личного состава пожарной охраны [Электронный ресурс]: Приказ МЧС России от 26.10.2017 № 472 (ред. от 28.02.2020) URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71733062/> (дата обращения 16.02.2022).

12. Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 [Электронный ресурс]: Постановление от 28.01.2021 №2. URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115?marker=6560Ю> (дата обращения: 15.02.2022).

13. Оценка эффективности мероприятий по обеспечению техносферной безопасности [Электронный ресурс]: Методические указания. URL: <https://edu.rosdistant.ru/course/view.php?id=3014> (дата обращения: 05.02.2022).

14. Пасютина О.В. Безопасность труда и пожарная безопасность: учебное пособие. Мн.: РИПО, 2018. 108 с.

15. План тушения пожара АО «Энергощит», г. Самара, п. Красная Глинка / 8 ПСЧ ФПС ГПС Главного управления по Самарской области», 2020. 198 с.

16. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: ДЕАН, 2018. 687 с.

17. Собурь С.В. Пожарная безопасность предприятия: Курс пожарно-технического минимума: учебно-справочное пособие. М.: ПожКнига, 2017. 480 с.

18. Теревнев В.В., Теревнев, А.В. Управление силами и средствами на пожаре. М.: Академия ГПС МЧС России, 2018. 261 с.

19. A guide for fire safety in premises which have paying guests // Your responsibilities under the law. 2019. №6. P. 19-25.

20. Anu M. Introduction to modeling and simulation // State University of New York at Binghamton Department of Systems Science and Industrial Engineering Binghamton, NY, U.S.A. 2017. №4. P. 7–13.

21. Faingloz L. Simulation Modelling Application in Real-time Service Systems // Transport and Telecommunication Institute. 2017. №17. P. 200–205.

22. Halting F. Simulation Modelling // Oxford Bibliographies in Ecology. 2017. №9. P. 35–39.

23. Kelton D. Simulation Modelling & Analysis // Second Edition. 2016. №2. P.21–29.