

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)

20.04.01 Техносферная безопасность
(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью
(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему «Анализ пожарной безопасности объекта при проведении проектных работ и разработка инженерно-технических и организационных мероприятий для установки по производству гранулированного карбамида»

Студент

Е.А. Лукашевич
(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.т.н. И.И. Рашоян
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

Содержание

Введение.....	3
Термины и определения	7
Перечень сокращений и обозначений.....	8
1 Понятие пожарной безопасности при проведении проектных работ и ее нормативное обеспечение	9
1.1 Нормативные акты в сфере пожарной безопасности	9
1.2 Меры пожарной безопасности в производственных помещениях	12
2 Анализ пожарной безопасности производственной площадки.....	17
2.1 Пожарная характеристика помещения установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот»	17
2.2 Анализ существующей системы пожарной безопасности установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот»	19
3 Разработка инженерно-технических и организационных мероприятий для установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот».	31
3.1 Выбор системы пожаротушения для помещения установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот»	31
3.2 Расчет пожарного риска помещения установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот»	45
Заключение	80
Список используемых источников.....	82
Приложение А Результаты моделирования процесса эвакуации	86
Приложение Б Результаты моделирования процесса развития пожара.....	90

Введение

Актуальность и научная значимость настоящего исследования. По мере увеличения сельскохозяйственного производства фермеры используют больше удобрений и химикатов. Это вызвало новые проблемы для пожарных из-за использования многочисленных типов химикатов и увеличения объемов хранения химикатов фермерами и поставщиками.

К химическим веществам, используемым фермерами и коммерческими организациями, относятся: удобрения и почвенные кондиционеры, почвенные фумиганты, гербициды, пестициды, родентициды, инсектициды, фунгициды, взрывчатые вещества и т. д. Многие из этих химикатов выделяют токсичные пары с незначительным предупреждением или вообще без предупреждения при воздействии огня. Наиболее опасны органические фосфаты, такие как паратион и малатион, а также хлорированные углеводороды.

Пожарным необходимо тесно сотрудничать с поставщиками для планирования действий на случай пожара. Торговые наименования и составы исчисляются тысячами. Многие из них являются ядовитыми химическими веществами, которые предназначены для людей. Правильное хранение, идентификация опасностей, установленные аварийные процедуры и обучение пожарных чрезвычайно важны.

Поэтому является актуальной тема магистерской диссертации – «Анализ пожарной безопасности объекта при проведении проектных работ и разработка инженерно-технических и организационных мероприятий для установки по производству гранулированного карбамида»

Объект исследования: система инженерно-технических и организационных мероприятий при проведении проектных работ

Предмет исследования: пожарная безопасность установки по производству гранулированного карбамида.

Целью исследования является исследование пожарной безопасности объекта при проведении проектных работ и разработка инженерно-

технических и организационных мероприятий для установки по производству гранулированного карбамида.

Гипотеза исследования состоит в том, мероприятия по улучшению пожарной безопасности влияют на уровень пожарного риска в производственных зданиях с пребыванием людей.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- ознакомиться с деятельностью организации АО «НАК Азот»;
- изучить литературные источники, нормативные документы правовые акты по тематике диссертационного исследования»;
- рассмотреть характеристику и развитие пожаров на объекте защиты;
- провести анализ и оценку пожарного риска установки гранулированного карбамида на АО «НАК Азот»;
- разработать инженерно-технические и организационные мероприятия по совершенствованию существующей системы управления пожарными рисками установки гранулированного карбамида на АО «НАК Азот».

Теоретическо-методологическую основу исследования составили методические указания, научная литература, учебники, интернет–ресурсы по данной тематике, законы и подзаконные акты в сфере пожарной безопасности, научная литература по пожарной безопасности.

Базовыми для настоящего исследования явились также положения и регламенты АО «НАК Азот».

Методы исследования.

Эмпирический метод исследования – наблюдение и исследование техносферной безопасности производственных объектов.

Теоретический метод исследования – анализ научных публикаций (периодических изданий, материалов сборников научных конференций) и

учебных пособий (учебники, учебные пособия, методические указания), затрагивающих тематику научно–исследовательской работы.

Опытно–экспериментальная база исследования: производственная площадка АО «НАК Азот».

Научная новизна исследования заключается в разработке инженерно-технических и организационных мероприятий для организации пожарной безопасности установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот».

Теоретическая значимость исследования состоит в следующем:

- представлены характеристики и развитие пожаров на объекте защиты – установки гранулированного карбамида на АО «НАК Азот»;
- предложена методика анализа и оценки пожарного риска установки гранулированного карбамида на АО «НАК Азот»;
- представлены инженерно-технические и организационные мероприятия по совершенствованию существующей системы управления пожарными рисками установки гранулированного карбамида на АО «НАК Азот».

Практическая значимость исследования заключается в том, что разработанные рекомендации позволят улучшить пожарную безопасность объекта при проведении проектных работ установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот».

Достоверность и обоснованность результатов исследования: обеспечена обоснованностью методологии исследования; проведением исследования на теоретическом и практическом уровнях; методами, адекватными предмету, цели и задачам исследования; использованием качественной и количественной оценки результатов; статистическим подтверждением значимости полученных данных.

Личное участие автора в организации и проведении исследования состоит в проведении расчетов пожарного риска с помощью программы FDS

(Fire Dynamic Simulator) на этапе проектирования объекта, а также в разработке инженерно-технических и организационных мероприятий для обеспечения пожарной безопасности установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот».

Апробация и внедрение результатов работы велись в течение всего исследования. Ее промежуточные результаты опубликованы в студенческом научном журнале «СибАК», выпуск №12 (140), часть 3.

На защиту выносятся:

- результаты расчета опасных факторов пожара в начальной стадии развития пожара в проектируемых и эксплуатируемых зданиях до достижения критических величин опасных факторов пожара;
- результаты анализа системы управления пожарными рисками в установке гранулированного карбамида на АО «НАК Азот»;
- научно обоснованные рекомендации и инженерно-технические мероприятия по снижению величины пожарного риска при возникновении пожара в зданиях с массовым пребыванием людей.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 26 рисунков, 15 таблиц, список используемой литературы (30 источников). Основной текст работы изложен на 85 страницах.

Термины и определения

В настоящей работе используются следующие термины с соответствующими определениями:

Мочевина (карбамид) – химическое соединение, диамид угольной кислоты. Белые кристаллы, растворимые в полярных растворителях (воде, этаноле, жидком аммиаке).

Ороситель – «устройство, предназначенное для тушения, локализации или блокирования пожара, путем разбрызгивания или распыления воды и/или водных растворов» [1].

Пожар – неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства» [1].

Пожарная безопасность – «состояние защищенности личности, имущества, общества и государства от пожаров» [1].

Пожарный кран – «технический комплекс, включающий клапан, пожарный рукав, ручной пожарный ствол и соединительные головки» [1].

Требования пожарной безопасности – «специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности законодательством Российской Федерации, нормативными документами или уполномоченным государственным органом» [1].

Эвакуационный выход – «выход, ведущий на путь эвакуации, непосредственно наружу или в безопасную зону» [1].

Перечень сокращений и обозначений

В данной работе используются следующие обозначения и сокращения:

АУПТ – Автоматическая установка пожаротушения;

БСПТ – блок сигнализации положения токовый;

ГОТВ – газовое огнетушащее вещество

МКР – Мягкий контейнер разового использования.

НИР – научно-исследовательская работа;

ОТВ – огнетушащие вещества;

ПИ – пожарные индикаторы;

СОУЭ – система оповещения и управления эвакуацией;

УГП – установка газового пожаротушения;

ЭВМ – электронно-вычислительная машина;

КФС – карбамидоформальдегидная смола.

1 Понятие пожарной безопасности при проведении проектных работ и ее нормативное обеспечение

1.1 Нормативные акты в сфере пожарной безопасности

Законодательство Российской Федерации о пожарной безопасности основывается на Конституции Российской Федерации и включает в себя Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» [10], принимаемые в соответствии с ним федеральные законы и иные нормативные правовые акты, а также законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации, муниципальные правовые акты, регулирующие вопросы пожарной безопасности.

«Федеральный закон от 21.12.1994 № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» (далее – № 69-ФЗ) определяет общие правовые, экономические и социальные основы обеспечения пожарной безопасности в Российской Федерации, регулирует в этой области отношения между органами государственной власти, органами местного самоуправления, учреждениями, организациями, крестьянскими (фермерскими) хозяйствами, иными юридическими лицами независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности (далее – организации), а также между общественными объединениями, индивидуальными предпринимателями, должностными лицами, гражданами Российской Федерации, иностранными гражданами, лицами без гражданства (далее – граждане)» [10].

Обеспечение пожарной безопасности является одной из важнейших функций государства.

«Пожар, под которым понимается неконтролируемое горение, причиняющее материальный ущерб, вред жизни и здоровью граждан, интересам общества и государства, является одним из источников опасности. Она (опасность пожара) известна человечеству на протяжении всего периода его существования, однако не только не устранена (исключена), но в

современном мире характеризуется повышенным уровнем в силу ряда причин, к числу которых относятся интенсификация хозяйственной деятельности человека, производственная и бытовая энергонасыщенность, научно-технический прогресс, быстрое устаревание технологий, социально-экономические факторы» [4].

Одним из важных документов так же является документ «О федеральном государственном пожарном надзоре» [9].

В Российской Федерации создана система обеспечения пожарной безопасности (СОПБ), которая представляет собой совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ [4].

Как отмечалось выше, одной из основных обязанностей граждан, должностных лиц (руководителей организаций) и организаций является соблюдения требований пожарной безопасности.

К числу документов, устанавливающих требования пожарной безопасности, относятся технические регламенты, своды правил и другие документы стандартизации, а также Правила противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденные Постановлением Правительства РФ №1479 от 16.09.2020 г.

«Основополагающими в этой группе являются:

- Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (далее – №184-ФЗ),
- Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – №123-ФЗ),
- Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [1].

Технический регламент – документ, который принят международным договором Российской Федерации, подлежащим ратификации в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или в соответствии с международным договором Российской Федерации, ратифицированным в порядке, установленном законодательством Российской Федерации, или федеральным законом, или указом Президента Российской Федерации, или постановлением Правительства Российской Федерации, или нормативным правовым актом федерального органа исполнительной власти по техническому регулированию и устанавливает обязательные для применения и исполнения требования к объектам технического регулирования (продукции или к продукции и связанным с требованиями к продукции процессам проектирования (включая изыскания), производства, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации, хранения, перевозки, реализации и утилизации) (ст.2 №184-ФЗ) [16].

Стандартизация – деятельность по установлению правил и характеристик в целях их добровольного многократного использования, направленная на достижение упорядоченности в сферах производства и обращения продукции и повышение конкурентоспособности продукции, работ или услуг (ст.2 №184-ФЗ).

К основным документам в области стандартизации, используемым на территории Российской Федерации, относятся:

- национальные стандарты;
- стандарты организаций;
- своды правил;
- международные стандарты;
- региональные стандарты;
- региональные своды правил;
- стандарты иностранных государств и своды правил иностранных государств, зарегистрированные в Федеральном информационном фонде технических регламентов и стандартов [19].

Применение на добровольной основе стандартов и (или) сводов правил, включенных в указанный в перечень документов в области стандартизации, является достаточным условием соблюдения требований соответствующих технических регламентов.

1.2 Меры пожарной безопасности в производственных помещениях

Установка по производству гранулированного карбамида с серой с объектами инфраструктуры является пожароопасным производством, на котором используются горючие жидкости и токсичные вещества.

Производство гранулированного карбамида с серой характеризуется следующими видами опасностей:

- наличием формальдегида (в составе КФС), оказывающего вредное воздействие на организм человека;
- наличием серной кислоты, способной вызывать химические ожоги;
- наличием высокотемпературных расплавов, растворов, пара, конденсата, способных вызывать ожоги незащищенных участков тела;
- наличием горючих веществ и материалов (фасовочная тара, кондиционирующая добавка, КФС);
- наличие газообразного азота, способного вызывать удушье;
- возможность поражения электрическим током (при наличии повреждений на электрооборудовании и электропроводке и в результате несоблюдения правил электробезопасности);
- наличие вращающихся и движущихся механизмов, что может вызвать механические травмы.

Для обеспечения безопасного ведения технологического процесса проектом предусмотрено следующее:

- применены средства автоматического и аналитического контроля технологических параметров, управления, регулирования,

сигнализации и блокировочные устройства (с соответствующими периодами срабатывания) для предупреждения и ликвидации аварийных ситуаций;

- производственное оборудование соответствует требованиям безопасной эксплуатации, безопасного монтажа и ремонта;
- размещение технологического оборудования обеспечивает удобство и безопасность проведения работ по наружному осмотру, обслуживанию, ремонту, обеспечивает возможность принятия оперативных мер по предотвращению аварийных ситуаций и локализации аварий;
- конструкционные материалы, применяемые для изготовления оборудования являются стойкими как к воздействию технологических сред, так и к воздействию окружающей среды и безопасными по отношению к обслуживающему персоналу;
- технологическое оборудование, течи, воздухопроводы и трубопроводы герметичны, что исключает выделение вредных веществ в рабочую зону при нормальном ведении технологического процесса и соблюдении правил и норм их технического обслуживания;
- горячие поверхности оборудования и трубопроводов, температура которых превышает нормативно допустимую, теплоизолированы;
- наличие аспирационной системы и общеобменной вентиляции обеспечивают концентрацию пыли в воздухе рабочей зоны, не превышающую ПДК;
- движущиеся части технологического оборудования защищены защитными кожухами;
- токоведущие части электрооборудования изолированы;
- металлические конструкции заземлены в соответствии с требованиями норм;
- оборудование имеет местное и ремонтное освещение;

- технологический процесс управляется из ЦПУ, обслуживающий персонал выполняет периодически необходимый осмотр и текущий ремонт;
- обслуживающий персонал обеспечен соответствующими средствами индивидуальной защиты (спецодежда, спецобувь, рукавицы, резиновые перчатки, респиратор, защитные очки) [3].

Взрывопожароопасные свойства веществ, используемых в технологическом процессе, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Взрывопожароопасные свойства веществ, используемых в технологическом процессе

Наименование	Агрегатное состояние	Пожароопасные свойства
Кондиционирующая добавка	Жидкость	Горючая жидкость
КФС (карбамидоформальдегидная смола)	Жидкость	Трудногорючая жидкость
Серная кислота	Жидкость	Взрывопожаробезопасна
Карбамид (карбамид с серой)	Твердое	Трудногорючее вещество
Сульфат аммония	Твердое	Взрывопожаробезопасен
Полипропилен (упаковочный материал)	Твердое	Горючее вещество

Азот, фосфор и калий являются важными питательными веществами для растений, а удобрения классифицируются по количеству этих элементов, содержащихся в удобрениях, также называемых их «рейтингом NPK» (из сокращений этих элементов в периодической таблице).

Серная кислота не является горючей жидкостью. Однако, многие реакции с ней могут вызвать пожар или взрыв. При пожаре выделяет раздражающие или токсичные пары (или газы). Риск пожара и взрыва при контакте с основаниями, горючими веществами, восстановителями, водой или органическими материалами. Серная кислота разлагается при нагревании. При этом образуются токсичные и едкие газы, включая оксиды серы. Вещество является сильным окислителем. Реагирует с горючими материалами,

восстановителями и органическими материалами. Это создает опасность пожара и взрыва. Вещество – сильная кислота. Он бурно реагирует с основаниями и вызывает коррозию большинства обычных металлов, образуя легко воспламеняющийся и взрывоопасный газ (водород). Реагирует бурно с водой. Это создает опасность перегрева и возгорания или взрыва.

Для исключения возможности возникновения пожаров предусматривается:

- применение в качестве конструкционных материалов трудногорючих и несгораемых материалов;
- оснащение производства нормативными средствами пожаротушения (огнетушители, в соответствии с Правилами противопожарного режима в Российской Федерации, утвержденными постановлением Правительства РФ №1479 от 16.09.2020 г.);
- оснащение производства автоматической пожарной сигнализацией в соответствии с требованиями СП 485.1311500.2020;
- наличие пожарных подъездов и проездов;
- наличие путей и выходов для эвакуации обслуживающего персонала, соответствующих действующим нормам и правилам;
- система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) в соответствии с требованиями СП 3.13130.2009.

Проектные решения по противопожарным мероприятиям соответствуют требованиям Федерального закона Российской Федерации № 123-ФЗ.

Выводы по разделу

В первом разделе магистерской диссертации раскрывается понятие пожарной безопасности. Приводится классификация пожаров, их виды. В главе так же рассматриваются распространенные причины пожаров.

Также проводится исследование нормативной документации по теме пожарной безопасности зданий и помещений.

В Российской Федерации создана система обеспечения пожарной безопасности (СОПБ), которая представляет собой совокупность сил и средств, а также мер правового, организационного, экономического, социального и научно-технического характера, направленных на профилактику пожаров, их тушение и проведение аварийно-спасательных работ.

Приводятся меры пожарной безопасности в помещениях по производству гранулированного карбамида.

Установка по производству гранулированного карбамида с серой с объектами инфраструктуры является пожароопасным производством, на котором используются горючие жидкости и токсичные вещества.

Помещения категорий А, В2-В4 оснащаются первичными средствами пожаротушения – огнетушителями.

Комплектность помещений огнетушителями выбирается согласно приложения 1 «Нормы обеспечения объектов ручными огнетушителями».

Оснащение установки грануляции карбамида с серой с объектами инфраструктуры первичными средствами тушения пожара произведено в полном объеме.

Концепция противопожарной защиты должна быть разработана с учетом конкретных конструктивных, объемно-планировочных особенностей объекта «Установка по производству гранулированного карбамида с серой с объектами инфраструктуры на АО «НАК «Азот».

2 Анализ пожарной безопасности производственной площадки

2.1 Пожарная характеристика помещения установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот»

Проектная документация по объекту «Установка по производству гранулированного карбамида с серой в цехе Карбамид-2 АО «НАК Азот» разработана в соответствии с Заданием и на основании базового инженерного проекта, выполненного АО «Казале Проект», г. Прага, Чешская Республика.

Процесс грануляции карбамида разработан компанией Stamicarbon. Проектная документация по объектам инфраструктуры для Установки по производству гранулированного карбамида с серой разработана в соответствии с Заданием на разработку проектной и рабочей документации.

В качестве исходных данных для разработки проектной документации приняты основные технические решения АО «НАК Азот» объект 30812, утвержденные Заказчиком, и протоколы технических совещаний. Мощность установки по производству гранулированного карбамида с серой – до 600 тонн в сутки карбамида с серой (содержание карбамида – 50%, сульфата аммония – 50%) или 400 тонн в сутки гранулированного карбамида.

Режим работы объектов инфраструктуры определяется мощностью и режимом работы установки по производству гранулированного карбамида с серой. Проектной документацией предусматривается строительство Установки по производству гранулированного карбамида с серой и объектов инфраструктуры на подготовленной для строительства площадке, располагаемой в цехе Карбамид-2 на территории действующего предприятия АО «НАК Азот».

Режим работы – непрерывный, 8000 часов в год, 24 часа в сутки.

Объектами проектирования являются:

1. Установка по производству гранулированного карбамида с серой:
 - установка грануляции карбамида с серой;

- наружная установка скруббера и емкостного оборудования;
- подстанция.

2. Склад хранения сульфата аммония насыпью с узлами приема и подачи в производство:

- узел разгрузки железнодорожными вагонами;
- склад напольного хранения объемом 5000 т;
- узел отсева и дробления;
- конвейерная галерея №1, №2, №3, №4, №5;
- узел пересыпки №1.

3. Отделение фасовки, хранения и отгрузки готового продукта в МКР:

- узел фасовки №1;
- узел фасовки №2;
- конвейерная галерея №6, №7, №8, №9;
- узел пересыпки №2;
- площадка хранения под навесом;
- узел отгрузки в автотранспорт.

4. Наружная установка емкостного технологического оборудования:

- емкость серной кислоты;
- емкости кондиционирующей добавки;
- емкость КФС;
- насосная.

5. Трансформаторная подстанция 2КТП-630/6/04кВ.

6. Межцеховые и внутрицеховые коммуникации.

7. Железнодорожные пути.

8. Насосная пожаротушения.

Установка грануляции карбамида с серой – II степени огнестойкости категории пожарной опасности В.

Пределы огнестойкости строительных конструкций установки грануляции карбамида с серой:

- R90 – для несущих элементов здания: металлических колонн, ригелей, связей по колоннам с окрашиванием огнезащитной краской и применением конструктивной огнезащиты;
- E15 – для наружных ненесущих стен из сэндвич-панелей с утеплителем на базальтовом волокне;
- REI45 – для междуэтажных перекрытий – монолитных железобетонных плит по металлическим ригелям с окрашиванием огнезащитной краской;
- REI15 – для настила покрытия из базальтового волокна по профилированному листу, для монолитной железобетонных плит покрытия;
- R15 – для металлических балок, прогонов покрытия;
- REI90 – для стен лестничной клетки типа Н2;
- REI120 – для лифтовой шахты, машинного отделения лифта из монолитного железобетона;
- R60 – для площадок и маршей лестничных клеток из монолитного железобетона.

2.2 Анализ существующей системы пожарной безопасности установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот»

В основе схемы противопожарной защиты объекта «Установка по производству гранулированного карбамида с серой с объектами инфраструктуры на АО «НАК Азот» лежат общие принципы ГОСТ 12.1.004-91, Федеральный закон №123-ФЗ, а также положения Постановления Правительства РФ №87, предъявляемые к разработке проектной документации.

«Требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей должен быть обеспечен выполнением требований нормативных документов

по пожарной безопасности или обоснован и составляет не менее 0,999999 предотвращения воздействия опасных факторов пожара в год в расчете на каждого человека. Соответственно, допустимый уровень пожарного риска должен быть не более 10^{-6} в год в расчете на одного человека при воздействии опасных факторов пожара, превышающих предельно допустимые значения. Мероприятия противопожарной защиты зданий и сооружений включают пассивные и активные способы обеспечения пожарной безопасности» [8].

«Пассивные способы противопожарной защиты включают в себя применение объемно-планировочных решений, направленных на обеспечение эвакуации людей до наступления предельно-допустимых значений опасных факторов пожара» [7].

«Для обеспечения эвакуации предусматривается:

- достаточное количество, соответствующие размеры и конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов; обеспечение беспрепятственного движения людей, оповещение и управление эвакуацией людей по эвакуационным путям (звуковое оповещение при пожаре);
- применение конструктивных и отделочных материалов с нормируемыми показателями пожарной опасности» [7].

«Активные способы противопожарной защиты включают в себя применение автоматического пожаротушения, автоматической пожарной сигнализации, систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре; первичных средств пожаротушения; сил и средств подразделений пожарной охраны» [6].

«На основании вышеизложенного и с учетом специфики объекта повышенную роль играют следующие системы противопожарной защиты:

- автоматическое пожаротушение;
- автоматическая пожарная сигнализация;
- оповещение и управление эвакуацией людей при пожаре;

- автоматизация и диспетчеризация систем противопожарной защиты» [18].

«Защита проектируемых зданий и сооружений от пожара обеспечивается системой, включающей в себя:

- подсистему предотвращения пожаров;
- подсистему противопожарной защиты;
- подсистему, включающую мероприятия организационно-технического характера» [18].

«Подсистема предотвращения пожаров предусматривает:

- применение огнестойких и негорючих отделочных и теплоизоляционных веществ и материалов; – применение пожаробезопасного оборудования;
- выполнение мероприятий по исключению источников зажигания и т.п.» [18].

«Подсистема противопожарной защиты предусматривает:

- применение огнестойких конструкций и устройство противопожарных преград;
- обеспечение помещений и сооружений требуемыми путями эвакуации;
- внедрение автоматических систем извещения, противодымной защиты, оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- применение средств коллективной и индивидуальной защиты и другие мероприятия» [18].

«Противопожарные расстояния от установки грануляции до других зданий, следует предусматривать в соответствии с требованиями № 123-ФЗ, СП 4.13130.2013 и другими действующими нормативными документами по пожарной безопасности» [18].

«Параметры проездов и подъездов для пожарной техники к объекту защиты следует предусматривать в соответствии с требованиями № 123-ФЗ,

СП 4.13130.2013 и других действующих нормативных документов по пожарной безопасности» [18].

«Требования пожарной безопасности к эвакуационным путям и эвакуационным выходам должны предусматриваться в соответствии с требованиями статьи 89 № 123-ФЗ, СП 1.13130.2020 и другими действующими нормативными документами по пожарной безопасности» [18].

«Для обеспечения эвакуации людей с установки предусмотреть устройство незадымляемой лестничной клетки типа Н2 с пределом огнестойкости строительных конструкций не менее REI 90» [18].

«Подсистема организационно-технических мероприятий предусматривает:

- техническое обслуживание средств противопожарной защиты;
- обучение правилам пожарной безопасности работников и обслуживающего персонала предприятия;
- разработку инструкций о порядке действия в случае возникновения пожара;
- отработку взаимодействия работников и обслуживающего персонала предприятия с пожарной охраной при тушении пожаров и т.п.» [18].

«Используемая система противопожарной защиты включает мероприятия, обеспечивающие эвакуацию людей, и гарантирует тушение возможного пожара. Система противопожарной защиты предусматривает соблюдение необходимых противопожарных разрывов до соседних зданий и сооружений, обеспечение подъездов для пожарных автомобилей, проектирование зданий и сооружений с определенным пределом огнестойкости, применение современных активных и пассивных средств защиты от пожара, автоматизацию всех систем и средств противопожарной защиты, надежное их электропитание» [18].

«В соответствие с требованиями ГОСТ 12.1.004-91 безопасность людей при пожаре в здании достигается применением следующих мероприятий:

- разработкой планировочных решений, обеспечивающих эвакуацию людей из здания до достижения в нем предельно-допустимых значений опасных факторов пожара. С этой целью предусматриваются: соответствующее количество, размеры, конструктивное исполнение эвакуационных путей и выходов, обеспечение беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям, организация и управление движением людей по эвакуационным путям (звуковое оповещение);
- применением огнестойких строительных конструкций и отделочных материалов с нормируемыми показателями пожарной опасности;
- использованием эффективных огнезащитных материалов для строительных конструкций и оборудования инженерных систем;
- применением надежных и эффективных средств обнаружения пожаров в виде автоматических установок пожарной сигнализации, систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;
- выполнением электропитания всех потребителей системы противопожарной защиты по 1-й категории надежности» [18].

Эвакуация людей обеспечивается из помещения непосредственно наружу.

Водоснабжение проектируемого объекта для хозяйственно-питьевых, противопожарных и производственных нужд предусматривается от существующих сетей предприятия.

Согласно технических условий на подключение к сети хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения, выданных АО «НАК Азот» водоснабжение проектируемого объекта предусматривается от существующей сети хозяйственно-питьевого и противопожарного водоснабжения предприятия (сеть Вп). Существующая сеть кольцевая, диаметр труб 150 мм, материал чугун.

Проектируемая сеть В1 предназначена для обеспечения проектируемого объекта водой на хозяйственно-питьевые цели, на нужды внутреннего и

наружного пожаротушения, на производственные нужды (вода для системы ОВ).

Сеть предусматривается кольцевой, прокладка сети подземная. Материал труб для сети В1 –полиэтиленовые трубы по ГОСТ 18599, материал ПЭ100, SDR11, PN16.

Основания под трубопроводы приняты по серии 3.008.9-6/86: грунтовое плоское основание с подготовкой из песчаного грунта ($h=100$ мм). Засыпка труб предусматривается местным грунтом с повышенной степенью уплотнения на величину диаметра трубы плюс 300 мм, далее местным грунтом с нормальной степенью уплотнения. При укладке труб на участках пересечения с автомобильными дорогами, железнодорожными путями, улицами, проездами и площадями промышленных площадок, имеющими покрытия усовершенствованного типа, засыпка предусматривается песчаным грунтом с повышенной степенью уплотнения на всю высоту траншеи.

В необходимых местах прокладка сети предусматривается в футлярах. Футляры предусматриваются стальными с антикоррозионной изоляцией весьма усиленного типа.

На сети В1 предусматриваются колодцы для установки запорной арматуры и пожарных гидрантов. Водопроводные колодцы приняты круглые из сборного железобетона по типовому проекту 901-09-11.84. Гидроизоляция днищ колодцев – штукатурная асфальтовая из горячего асфальтового раствора толщиной 10 мм по грунтовке разжиженным битумом. Наружная гидроизоляция стен, лотков и плит перекрытия – окрасочная из горячего битума, наносимого в несколько слоев (не менее двух) общей толщиной (4...5) мм, по грунтовке из битума, растворенного в бензине. На стыках сборных железобетонных колец предусматривается наклейка полос гнилостойкой ткани шириной (20...30) см.

Наружное пожаротушение реконструируемых и проектируемых зданий и сооружений предусматривается от пожарных гидрантов, устанавливаемых на проектируемой сети хозяйственно-противопожарного водопровода (В1), а

также от существующих пожарных гидрантов, расположенных на сети хозяйственно-противопожарного водопровода (Вп). Расстановка пожарных гидрантов обеспечивает пожаротушение реконструируемых и проектируемых зданий и сооружений не менее чем от 2-х гидрантов, расположенных на расстоянии не более 200 м от наиболее удаленной точки здания/сооружения. Гидранты приняты по ГОСТ 53961- 2010. В местах установки пожарных гидрантов, а также по направлению движения к ним предусматривается установка указателей, выполненных в соответствии с ГОСТ 12.4.026-2015 «Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная».

Гарантированный напор в наружной сети хозяйственно-противопожарного водопровода составляет 20 м. Требуемый напор в сети наружного хозяйственно-противопожарного водопровода для пожаротушения из пожарных гидрантов 17 м. Дополнительные мероприятия для обеспечения требуемого напора в сети В1 при пожаротушении из ПГ не требуются. Проектируемая сеть В2 предназначена для подачи воды от противопожарной насосной установки располагаемой в насосной пожаротушения (641а) в системы внутреннего противопожарного водопровода проектируемых зданий.

Прокладка сети предусматривается подземной. Материал труб для сети В2: полиэтиленовые трубы по ГОСТ 18599: материал ПЭ100, SDR11, PN16. Основания под трубопроводы приняты по серии 3.008.9-6/86: грунтовое плоское основание с подготовкой из песчаного грунта ($h=100$ мм). Засыпка труб предусматривается местным грунтом с повышенной степенью уплотнения на величину $D_{\text{трубы}}+300$ мм, далее местным грунтом с нормальной степенью уплотнения. При укладке труб на участках пересечения с автомобильными дорогами, железнодорожными путями, улицами, проездами и площадями промышленных площадок, имеющими покрытия усовершенствованного типа, засыпка предусматривается песчаным грунтом с повышенной степенью уплотнения на всю высоту траншеи.

В необходимых местах прокладка сети предусматривается в футлярах. Футляры предусматриваются стальными с антикоррозионной изоляцией весьма усиленного типа.

Максимальный расход воды на наружное пожаротушение на площадке производства гранулированного карбамида (для реконструируемых/проектируемых зданий и сооружений) составит 25 л/с, количество пожаров 1, продолжительность тушения пожара 3 часа.

Проектируемая сеть автомобильных дорог с твердым покрытием обеспечивает нормальное технологическое и противопожарное обслуживание всех зданий и сооружений. В соответствии с СП 18.13330.2019 «Производственные объекты. Планировочная организация земельного участка» и МДС 30-1.99 «Методические рекомендации по разработке схем зонирования территории городов», по функциональному назначению территория АО «НАК Азот» г. Новомосковск, на которой располагается земельный участок, отведенный под строительство, относится к зоне промышленного производства.

В соответствии с п.5.37 СП 18.13330.2019 «Производственные объекты. Планировочная организация земельного участка», въезд на площадку осуществляется с двух сторон по проектируемым проездам шириной 6м, примыкающим к существующим автодорогам заводской дорожной сети. Один въезд находится на северо-западной части площадки, второй – на южной стороне на расстоянии 200 м от первого.

Ширина дорог принята не менее 4,2 м при высоте здания от 13,0 до 46,0 метров включительно.

Ширина автодороги на железнодорожном переезде принята 6 метров.

Расстояние от внутреннего края проезда до стены здания или сооружения принято равным 5 м для зданий высотой до 28 м и 8 м для зданий и сооружений высотой более 28 м (согласно п.8.8 СП 4.13130.2013).

Прирельсовая площадка временного хранения имеет два въезда.

Расстояние от ведомственной пожарной части №11 до проектируемого объекта отвечает требованиям ст. 97, главы 22, Федерального закона №123-ФЗ.

К зданиям и сооружениям предусмотрен подъезд для пожарных автомобилей, с одной стороны – при ширине здания до 18 м и с двух сторон – при ширине более 18 м, что соответствует ст. 98, п.4 №123-ФЗ. Наружное пожаротушение предусмотрено от существующих и вновь проектируемых пожарных гидрантов, установленных на сети хозяйственно-питьевого и противопожарного водопровода.

В местах установки пожарных гидрантов предусматривается установка люминесцентных указателей, выполненных в соответствии с требованиями ГОСТ 12.4.026-2015 с подсветкой в ночное время.

Класс конструктивной пожарной опасности и класс пожарной опасности строительных конструкций зданий и сооружений приведены в таблице 2 и соответствуют требованиям таблицы 22 №123-ФЗ.

Таблица 2 – Класс конструктивной пожарной опасности и класс пожарной опасности строительных конструкций зданий и сооружений

Класс конструктивной опасности здания	Класс пожарной безопасности строительных конструкций				
	Несущие стержневые элементы (колонны, ригели, фермы)	Наружные стены с внешней стороны	Стены, перегородки, перекрытия и бесчердачные покрытия	Стены лестничных клеток и противопожарные преграды	Марши и площадки лестниц в лестничных клетках
С0	К0	К0	К0	К0	К0
С1	К1	К2	К1	К0	К0

Пределы огнестойкости строительных конструкций проектируемых зданий соответствуют значениям Таблицы 21 №123-ФЗ и приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Степени огнестойкости зданий

Степень огнестойкости здания	Несущие элементы здания	Наружные несущие стены	Перекрытия между этажными (в том числе чердачные и над подвалами)	Элементы бесчердачных покрытий		Лестничные клетки	
				Настилы (в том числе с утеплителем)	Фермы, балки, прогоны	Внутренние стены	Марши и площадки лестниц
II	R 90	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 90	R60
III	R 45	E 15	REI 45	RE 15	R 15	REI 60	R45
IV	R 15	E 15	REI 15	RE 15	R 15	REI 45	R15

На исследуемом объекте проведены соответствующие расчеты по эвакуации людей. Однако, расчеты выполнены вручную, без применения программного обеспечения. Ручной счет может содержать в себе ошибки, такие как – неучтенные факторы, ошибки в цифрах (человеческий фактор). Кроме того, при расчетах эвакуации людей необходимо работать с большим объемом данных, что усложняет процесс и делает его более длительным. При просчете нескольких сценариев вероятность неточностей так же увеличивается. Моделирование развития пожара проводилось только по одному сценарию, так же без помощи программного обеспечения, исключительно методом ручного вычисления.

В 2020 году в помещении гранулированного карбамида была выполнена незначительная перепланировка и закуплено новое оборудование. Кроме того, расчеты проводились при условии нахождения в помещении 20 человек, а на сегодняшний день количество сотрудников, находящихся в данном помещении увеличено до 32 человек.

На основании этих данных можно сделать вывод о неактуальности результатов предыдущего расчета динамики развития пожара и эвакуации. Поэтому необходимо выбрать систему пожаротушения для помещения установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот» и затем выполнить перерасчет по эвакуации людей.

Вывод по разделу

Был изучен алгоритм разработки проекта технического решения, направленного на улучшение пожарной безопасности. Ознакомились с теоретической частью и оформили результаты в виде таблиц.

Затем были определены методы научных исследований, которые будут использованы в работе, разработать программу научных исследований. Представлена вторая глава магистерской диссертации.

Объект защиты предусматривается высотой не более 44 м, размерами в плане в осях не более 30 м x 40 м.

Объект защиты выполняется II степени огнестойкости класса конструктивной пожарной опасности С0, категория пожарной опасности В, класс функциональной пожарной опасности – Ф5.

Процесс производства гранулированного карбамида с серой состоит из смешения расплава карбамида, получаемого из цеха Карбамид-2, с кристаллическим сульфатом аммония, грануляции в грануляторе кипящего слоя, охлаждения готового продукта, обработки кондиционирующей добавкой и фасовки в биг-беги. Предусмотрена возможность производства гранулированного карбамида без серы.

На исследуемом объекте проведены соответствующие расчеты по эвакуации людей. Однако, расчеты выполнены вручную, без применения программного обеспечения. Ручной счет может содержать в себе ошибки, такие как – неучтенные факторы, ошибки в цифрах (человеческий фактор). Кроме того, при расчетах эвакуации людей необходимо работать с большим объемом данных, что усложняет процесс и делает его более длительным. При просчете нескольких сценариев вероятность неточностей так же увеличивается. Моделирование развития пожара проводилось только по одному сценарию, так же без помощи программного обеспечения, исключительно методом ручного вычисления.

На основании этих данных можно сделать вывод о неактуальности результатов предыдущего расчета динамики развития пожара и эвакуации. Поэтому необходимо выбрать систему пожаротушения для помещения установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот» и затем выполнить перерасчет по эвакуации людей.

3 Разработка инженерно-технических и организационных мероприятий для установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот»

3.1 Выбор системы пожаротушения для помещения установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот»

Установка по производству гранулированного карбамида с серой с объектами инфраструктуры является пожароопасным производством, на котором используются горючие жидкости и токсичные вещества [2].

Взрывопожароопасные свойства веществ, используемых в технологическом процессе, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Класс конструктивной пожарной опасности и класс пожарной опасности строительных конструкций зданий и сооружений

Наименование	Агрегатное состояние	Пожароопасные свойства
Кондиционирующая добавка	Жидкость	Горючая жидкость
КФС (карбамидоформальдегидная смола)	Жидкость	Трудногорючее вещество
Серная кислота	Жидкость	Взрывопожаробезопасна
Карбамид (карбамид с серой)	Твердое	Трудногорючее вещество
Сульфат аммония	Твердое	Взрывопожаробезопасен
Полипропилен (упаковочный материал)	Твердое	Горючее вещество

Для исключения возможности возникновения пожаров предусматривается:

- применение в качестве конструкционных материалов трудногорючих и негорючих материалов;
- оснащение производства нормативными средствами пожаротушения (огнетушители, в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации №1479 Правила противопожарного режима в Российской Федерации);

- оснащение помещений отделения фасовки, хранения и отгрузки готового продукта в МКР и помещения насосной автоматической пожарной сигнализацией в соответствии с СП 485.1311500.2020;
- наличие пожарных подъездов и проездов;
- наличие путей и выходов для эвакуации обслуживающего персонала, соответствующих действующим нормам и правилам;
- система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) в соответствии с СП 3.13130.2009.

Кроме того, необходимо предусмотреть систему автоматического пожаротушения, которая бы удовлетворяла условиям работы на химически опасном объекте, была доступной для монтажа и в процессе использования обеспечивала требуемые характеристики тушения пожаров.

Современные системы противопожарной защиты представляют собой комплекс защитного и информационного оборудования. Задачи включенных в них устройств – своевременное обнаружение дыма или пожара, передача данных о ситуации ответственным лицам, локализация источника возгорания и активация средств противопожарной защиты. В работе Ф. Моррисона «Предотвращение возникновения пожара на заводе по производству удобрений» предложена система противопожарной защиты [29].

Такие системы в обязательном порядке устанавливаются на объектах, где велика вероятность возгорания, а также в местах, где пожар может нанести вред большому количеству людей и имущественным ценностям:

- на производственных объектах;
- на нефтеперерабатывающих, а также химических заводах;
- на складах и др [29].

Методом патентного поиска найдены технические решения в области автоматических установок пожаротушения. Результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Результаты анализа технических решений

Наименование технического решения	Известные технические решения	Преимущества известных технических решений	Недостатки известных технических решений	Положительные эффекты от использования и сущность разрабатываемого решения
<p>Патент РФ № 2514488 спринклерная система пожаротушения</p>	<p>«Наиболее близким объектом к заявленному по технической сущности является устройство для пожаротушения, содержащее корпус и распределительную обойму с отверстиями, одно из которых выполнено в виде щели, установленной с возможностью поворота относительно корпуса. С помощью вращения обоймы устанавливаются одно из отверстий напротив выходного отверстия корпуса, обеспечивая требуемый режим подачи огнетушащей жидкости в очаг пожара (патент Франции № 2309283, В05В 1/20, 1976 г. – прототип)» [11].</p>	<p>«Технический результат – повышение эффективности пожаротушения за счет введения быстродействующих элементов в общей цепи автоматической системы пожаротушения. Простота монтажа системы» [11].</p>	<p>«Малый объем покрытия. Отсутствует возможность установки перекрывающих разбрызгивателей» [11].</p>	<p>«Системы водяного распыления обычно используются в опасных средах, где пожары могут распространяться очень быстро или когда необходимо охладить ценное оборудование, окружающее огонь. Эти системы предназначены для использования в различных случаях особой опасности» [11].</p>

Продолжение таблицы 5

Наименование технического решения	Известные технические решения	Преимущества известных технических решений	Недостатки известных технических решений	Положительные эффекты от использования и сущность разрабатываемого решения
<p>Патент РФ № RU2512869C1 Установка пожаротушения водяной завесой</p>	<p>«Изобретение относится к противопожарной технике. Это достигается тем, что в установке пожаротушения водяной завесой, состоящей из источника водоснабжения, сети магистральных и распределительных трубопроводов с дренчерными головками, контрольно-сигнальная система включает в себя контрольно-сигнальный клапан и сигнальный прибор, например в виде звуковой сирены, каждая из дренчерных головок содержит полый корпус с соплом и центральным сердечником, при этом корпус выполнен с каналом для подвода жидкости и содержит соосную, жестко связанную с ним втулку, с закрепленным в ее нижней части соплом, выполненным с тремя радиальными каналами, кольцевая полость связана с каналом корпуса для подвода жидкости» [12].</p>	<p>«Технический результат – повышение эффективности пожаротушения за счет введения быстродействующих элементов в общей цепи автоматической системы пожаротушения» [12].</p>	<p>«Сложность монтажа» [12].</p>	<p>«Для повышения эффективности действия установки комплектуют пенообразующими оросителями или устройствами для смешивания пенообразователя с водой» [11].</p>

В статье «Противопожарная защита в химической промышленности» авторы Гвидо Вемайер и Константинос Митропетрос, выпущенной в Италии Итальянской ассоциацией химического машиностроения проводится анализ статистики потерь по инцидентам, о которых сообщается, показывает, что пожар – самая важная причина крупных потерь в химической промышленности [28].

В статье описывается методология управления рисками для предотвращения пожаров, описывающая меры защиты в зависимости от горючих компонентов и финансовых и социальных интересов [28].

Требование устраивать водяные завесы в системах противопожарной защиты вошло в российскую и зарубежную практику.

Есть две основные стратегии использования водяной завесы в противопожарной защите. В первом случае цель состоит в том, чтобы тушить или контролировать пожар, нанося спрей непосредственно на источник огня. Данная стратегия хорошо рассмотрены в «Руководстве по тушению пожаров и разложению твердых минеральных азотных удобрений» [27]. Руководство выпущено в 2015 году в Бельгии ассоциацией по обращению с удобрениями в Европе. Так же использование водяной завесы в противопожарной защите рассмотрено в статье «Водяные завесы: перспективный метод борьбы с основными промышленными опасностями», автор Доминик Узнанский [30].

Доминик Узнанский пишет, что водяная завеса признана полезным методом снижения основных промышленных опасностей. Он сочетает в себе привлекательные особенности, такие как простота использования, эффективность и адаптируемость к различным типам рисков. В случае случайного выброса горючего газа, такого как облака паров горючих веществ, распылительная завеса может использоваться в качестве реактора прямого контакта, обменивающегося теплом, массой и импульсом с рассеивающимся газовым облаком. Облако разбавляется и нагревается, что позволяет ему быстрее смешиваться с окружающим воздухом. В случае пожара водяные брызги могут обеспечить тепловую защиту для сохранения целостности

резервуаров для хранения. Водяная завеса действует как фильтр и может значительно снизить падающее излучение, которое попадает на важные конструкции, такие как резервуары для хранения горючих веществ.

Во второй стратегии применения, где нет прямого контакта между источником огня и брызгами, водяная завеса используется в качестве экрана ослабления излучения для защиты потенциальных целей, которыми может быть оборудование или люди. Данная стратегия описана в «Рекомендациях по количественной оценке рисков», редактор Дэн Хааг [25].

В химической промышленности водяные завесы являются эффективным средством защиты легковоспламеняющихся объектов (например, резервуаров для хранения) в случае пожара. Водяные завесы также могут использоваться в качестве отсеков для защиты людей при пожарах.

«Противопожарные расстояния между зданиями, сооружениями должны обеспечивать нераспространение пожара от одного объекта к другому. Если требуемые расстояния от зданий, сооружений и технологических установок до граничащих с ними объектов защиты не соблюдаются, в качестве компенсирующего мероприятия применяются противопожарные преграды. Противопожарной преградой в соответствии с требованием ст. 37 ФЗ № 123 является противопожарная водяная завеса» [18].

«Для ее формирования применяются дренчерные оросители для водяных завес, имеющие обязательный сертификат в области пожарной безопасности на соответствие ГОСТ Р 51043-2002. Водяные завесы служат для борьбы с загазованностью, распространением парогазовоздушных облаков опасных веществ во время пожаров и при аварийных ситуациях. Так же дренчерные оросители используются для водяных завес в составе технологических установок химических, нефтеперерабатывающих, нефтехимических, предприятий» [18].

Характеристика этапов научных исследований приведена в таблице 6.

Таблица 6 – Этапы научных исследований

Этап проведения исследований	Характеристики средств измерений и обработки	Условия проведения исследований	Методика исследований	Полученные результаты исследований
<p>Исследование огнестойких материалов:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Исследование разновидностей огнестойких материалов. 2. Оценка эффективности совместного применения огнестойких материалов и систем пожаротушения. 3. Анализ полученных результатов. 4. Подготовка отчета по проведенным исследованиям 	<p>Расчеты по оценке пожарного риска проводятся путем сопоставления расчетных величин пожарного риска с соответствующими нормативными значениями пожарных рисков, установленными Федеральным законом от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».</p>	<p>Исследование проводится на базе защищаемого объекта</p>	<p>Теоретические методы: изучение литературы и других источников, аннотирование, цитирование, конспектирование, реферирование. Эмпирические методы: наблюдение, счет, сравнение</p>	<p>Целесообразно применение огнезащитных материалов и конструкций совместно с активной пожарной защитой.</p>

Разработка исследований велась по двум направлениям – изучения устройств дренчерных завес в качестве противопожарной преграды.

«На российском рынке ГК Пожнефтехим представляет оросители для создания противопожарных водяных завес большой высоты. Водяные завесы предусматриваются при размещении дренчерных оросителей, как в один ярус, так и для создания водяных завес высотой 30 метров и более при размещении в несколько ярусов» [5].

«Дренчерные оросители для водяных завес устанавливаются снаружи зданий на открытых площадках для защиты объектов при несоблюдении противопожарных расстояний, так и внутри зданий и сооружений для заполнения проемов в противопожарных преградах и орошения конструкций и оборудования» [5].

«Пожнефтехим производит оборудование для водяных завес с 2007 года. Дренчерные оросители для водяных завес НП I, II, III имеют сертификаты на соответствие ГОСТ Р 51043-2002 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители» и Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности №123-ФЗ» [5].

Насос водяной завесы подключается к соплу водяной завесы через дренчерный клапан. От насоса до дренчерного клапана трубопроводы обычно затоплены (затопление здесь означает, что трубопровод содержит воду под давлением). От дренчерного клапана до сопла водяной завесы трубопроводы сухие (нет воды). При обнаружении огня или дыма в одном отсеке соответствующее устройство обнаружения пожара, расположенное в помещении, отправит сигнал на открытие дренчерного клапана, а затем включит насос. . Вода будет хлестать в систему водяной завесы и достигать этих форсунок. Эти сопла обладают особыми свойствами образования завесы из воды, предотвращающей распространение дыма, пламени, огня и тепла.

Результаты исследований, выводы и рекомендации разработанного проекта по совершенствованию пожарной безопасности представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Результаты исследований, выводы и рекомендации разработанного проекта

Полученные результаты исследований	Анализ полученных результатов	Описание получаемых эффектов	Выводы по результатам исследований	Рекомендации
<p>Система водяной завесы является одной из активных систем пожаротушения (система активного пожаротушения означает, что она активируется только при пожаре).</p>	<p>«Автоматическая противопожарная водяная завеса размещается со стороны защищаемого объекта. Завеса реализована на основе применения дренчерных оросителей для водяных завес» [18].</p>	<p>«Дренчерные оросители имеют повышенную высоту и ширину подачи и позволяют заказчикам запроектировать и применить требуемую им противопожарную водяную завесу» [18].</p>	<p>«Насадки для водяных завес нашего производства целесообразно применять не только в зданиях, но и на объектах, где требуются водяные завесы большой протяженностью, а главное большой высоты для защиты объектов от пожара. Для формирования водяных завес большой высоты, расстановка дренчерных оросителей для водяных завес должна быть выполнена в шахматном порядке с направлением подачи воды – вверх оросителей для создания вертикальных струй и вниз оросителей веерного типа. Удельный расход автоматической водяной завесы предусмотреть не менее 1 л/с на погонный метр завесы» [18].</p>	<p>Рекомендовано установить систему водяной завесы (дренчеров) в здании установки по производству гранулированного карбамида.</p>

Таким образом, по результатам исследований, сделаны выводы и рекомендации.

Система водяной завесы является одной из активных систем пожаротушения (система активного пожаротушения означает, что она активируется только при пожаре). Как следует из названия, она образует завесу для предотвращения распространения дыма, тепла, пламени из области, охваченной огнем, в область, где нет огня.

С точки зрения пожарной безопасности и безопасности жизни важную роль играет разделение здания на отсеки. Отсек означает создание барьера на большой площади, препятствующего распространению огня / тепла / дыма. Преграда может быть противопожарной стеной (или любой другой сборкой), противопожарной завесой или водяной завесой. Поскольку речь идет о системе водяной завесы, я объясню, что это такое и как работает.

Система водяной завесы состоит из:

- зарезервированная вода;
- специальный насос;
- клапаны (запорный клапан, обратный клапан, дренажный клапан и т. д.);
- трубы и фитинги;
- сопло для водяной завесы;
- устройство обнаружения пожара и т. д. [15].

Насос водяной завесы подключается к соплу водяной завесы через дренажный клапан. От насоса до дренажного клапана трубопроводы обычно затоплены (затопление здесь означает, что трубопровод содержит воду под давлением). От дренажного клапана до сопла водяной завесы трубопроводы сухие (нет воды).

При обнаружении огня или дыма в одном отсеке соответствующее устройство обнаружения пожара, расположенное в помещении, отправит

сигнал на открытие дренчерного клапана, а затем включит насос. . Вода будет хлестать в систему водяной завесы и достигать этих форсунок.

Эти сопла обладают особыми свойствами образования завесы из воды, предотвращающей распространение дыма, пламени, тепла.

«При проектировании автоматических систем пожаротушения основной задачей является фиксация пожара на первичной стадии. Выявление возгорания на начальном этапе позволяет минимизировать риск причинения вреда здоровью и жизни людей, предотвратить разрушения и порчу ценностей» [1].

В проектируемых зданиях и сооружениях предусматриваются решения в соответствии со статьей 80 Федерального закона №123-ФЗ, обеспечивающие в случае пожара:

- возможность эвакуации людей в безопасную зону до нанесения вреда их жизни и здоровью вследствие воздействия опасных факторов пожара;
- возможность проведения мероприятий по спасению людей;
- возможность доступа личного состава пожарных подразделений и подачи средств пожаротушения к очагу пожара;
- нераспространение пожара на рядом расположенные здания и сооружения [13].

Возможность спасения персонала обеспечивается планировочными решениями по размещению путей эвакуации. При разработке путей эвакуации на наружных установках приняты к применению требования раздела СП 1.13130.2009 (п.9.6). Ширина путей эвакуации на площадках наружных установок – не менее 1,2 м; высота – не менее 2,2 м. Уклон маршевых лестниц составляет не менее 1:1. По наружному периметру площадок наружных установок, открытых проемов в перекрытиях, лестниц и площадок лестниц предусмотрены ограждения высотой не менее 1,0 м [22].

Между маршами лестниц и между поручнями ограждений

лестничных маршей выдержан зазор шириной в плане в свету не менее 75 мм.

Ширина марша лестниц, предназначенных для эвакуации, оставляет: 0,7 м для лестниц, ведущих к одиночным рабочим местам; 0,9 м – для всех остальных случаев в соответствии с СП 1.13130.2009 (п. 4.4.1).

Эвакуационные пути в каждом случае запроектированы такой ширины, чтобы с учетом их геометрии по ним можно было беспрепятственно пронести носилки с лежащим на них человеком.

В полу на путях эвакуации отсутствуют перепады высот менее 45 см и выступы, за исключением порогов в дверных проемах.

На путях эвакуации применены материалы с пожарной опасностью ниже чем:

- Г2, В2, Д3, Т3, или Г2, В3, Д2, Т2 – для отделки стен, потолков и заполнения подвесных потолков в общих коридорах, холлах и фойе;
- В2, РП2, Д3, Т2 – для покрытия пола в общих коридорах, холлах, фойе [14].

Каркасы подвесных потолков в помещениях и на путях эвакуации выполняются из негорючих материалов. Окрашенные лакокрасочным покрытием каркасы из негорючих материалов имеют группу горючести НГ и Г1 в соответствии Федеральным законом №123-ФЗ (п. 5 ст. 134).

Нераспространение пожара на рядом расположенные здания и сооружения, в том числе при обрушении горящего здания обеспечивается противопожарными разрывами между зданиями и сооружениями в соответствии с требованием Федерального закона №123-ФЗ (ст.69).

Ограничение распространения пожара за пределы очага предусматривается устройством противопожарных преград в виде перегородок с соответствующими пределами огнестойкости [20].

Эвакуация персонала из зданий выполняется непосредственно наружу через дверные проемы и лестничные клетки, с этажей и площадок обслуживания оборудования по открытым металлическим лестницам [21].

«Автоматические установки пожаротушения (АУПТ) предназначены для автоматического обнаружения возгорания в защищаемом помещении, формирования и передачи сигналов о состоянии и работе установки на пост пожарной охраны, а также подачи огнетушащего вещества (ОТВ), достаточного для локализации и тушения пожара в его начальной стадии в защищаемых объемах, включая фальшпол и фальшпотолок, без участия людей» [18].

Здание Установки грануляции карбамида с серой (642.1.1) не оборудуется АУПТ в соответствии со Специальными техническими условиями, разработанными ООО «ИТЦ Спецпромтех» на основании приведенного в настоящей работе расчета пожарного риска.

Перечень мероприятий по противопожарной защите и компенсирующие мероприятия для обеспечения противопожарной защиты здания Установки грануляции карбамида с серой представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Перечень мероприятий по противопожарной защите и компенсирующие мероприятия

Наименование	Дополнительные требования
Устройство дренчерных завес в качестве противопожарной преграды	<p>Предусмотреть отсутствие постоянных рабочих мест при устройстве установки грануляции. На объекте следует увеличить на 50% от нормативного количество первичных средств пожаротушения (огнетушителей) в помещениях, где предусматривается нахождение персонала, проводящего техническое обслуживание и ремонт.</p> <p>Производственные помещения категорий В1, В2, В3 отделить одно от другого и от других помещений противопожарными перегородками 1 -го типа и перекрытиями 3-го типа. Весь обслуживающий персонал объекта должен пройти обучение мерам пожарной безопасности. Не реже двух раз в год следует предусмотреть проведение тренировок действий персонала в случае возникновения пожара. Оборудовать объект защиты лифтом для транспортирования пожарных подразделений. Для защиты технологических проемов установки производства карбамида с серой от распространения через них пожара, предусмотреть установку дренчерных водяных завес с ручным (по месту) и автоматическим (от автоматической системы пожарной сигнализации) управлением.</p>

Продолжение таблицы 8

Наименование	Дополнительные требования
-	В проемах противопожарных преград в местах прохода конвейерных линий предусмотреть дренчерные завесы с удельным расходом не менее 1,0 л/с на 1 метр длины завесы. При пожаре в защищаемых помещениях предусмотреть автоматическую остановку конвейерных линий. Предусмотреть формирование сигнала на запуск дренчерных завес от технологических датчиков тепловой защиты двигателей конвейерной ленты.

Предусмотрено оборудование Объекта следующим комплексом систем противопожарной защиты:

- приточно-вытяжной противодымной вентиляцией в соответствии с требованиями СП 7.13130.2013;
- автоматической установкой пожарной сигнализации, запроектированной в соответствии с требованиями СП 5.13130.2009. Вывод сигнала о пожаре от системы автоматической пожарной сигнализации предусмотреть на пульт ближайшего подразделения пожарной охраны;
- внутренним противопожарным водопроводом в соответствии с требованиями СП 10.13130.2020;
- системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре не ниже 3-го типа;
- наружным противопожарным водопроводом с установкой в соответствии с требованиями СП 8.13130.2020;
- системой автоматического пожаротушения в соответствии с требованиями СП 5.13130.2009 (за исключением помещений производства карбамида и вентиляторных помещений производства карбамида). При этом для ограничения распространения пожара между установкой и помещениями объекта защиты на фасаде здания предусмотрено устройство дренчерной завесы с расходом не менее 1 л/с на метр погонный

длины завесы и временем тушения не менее 1 часа. Для включения системы дренчерной завесы и формирования сигнала запуска системы оповещения, предусмотреть использование автоматической пожарной сигнализации с установкой извещателей пламени.

Кроме того, на Объекте разработаны и внедрены следующие организационно-технические мероприятия:

- организационно-технические мероприятия в соответствии с требованиями № 123-ФЗ и Правилами противопожарного режима в Российской Федерации;
- разработан и согласован в установленном порядке до ввода в эксплуатацию документ предварительного планирования «План тушения пожаров».

Эффективность мероприятий по обеспечению безопасности людей при пожаре, достаточность количества эвакуационных выходов, ширины эвакуационных выходов и путей эвакуации подтверждены расчетом пожарного риска, выполненным в соответствии с методикой определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах.

3.2 Расчет пожарного риска помещения установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот»

Вероятность обеспечения безопасности людей в начальной стадии пожара в большой степени, а иногда и полностью зависит от эвакуации людей.

Расчет времени эвакуации людей является основной частью при оценке уровня безопасности жизнедеятельности в зданиях и сооружениях. Ручной расчет позволяет рассчитать только массовый поток людей. Так как помещение по установке гранулированного карбамида имеет сложную планировку, выберем программное обеспечение, с помощью которого можно смоделировать динамику развития пожара [23].

Для моделирования динамики развития пожара проводится по полевой модели с помощью программы FDS (Fire Dynamic Simulator) разработанной Национальным институтом стандартов и технологии НИСТ/NIST, США.

«В программе реализована гидродинамическая модель, которая позволяет вычислять перемещения воздушных потоков, вызванных пожаром. Для решения данной задачи решаются уравнения Навье-Стокса, описывающие низкоскоростные потоки, вызванные изменением температуры, позволяющие рассчитать распространения дыма и распределение температуры. В настоящее время данная программа широко используется как для разработки противопожарных систем, так и для предсказания распространения пожаров в жилых и производственных помещениях. Программа распознает САД модели» [26].

Для моделирования эвакуации выбираем программный комплекс Fenix+ (Сертификат РОСС RU.0001.11СП15, заключение Академии ГПС МЧС РФ №34/25-2013 от 01.04.2013).

Моделирование проводится по индивидуально-поточной модели движения людей.

Fenix+ – программа для расчета пожарного риска на гражданских и производственных объектах, а также для расчета противопожарных расстояний между зданиями и сооружениями.

В Fenix+ реализован гибкий механизм создания и редактирования сценариев пожара. Каждый сценарий состоит из топологической, эвакуационной и пожарной составляющей, что позволяет удобно и быстро создавать множество сценариев, объединяя в различных комбинациях компоненты сценария. При таком подходе не требуется каждый раз создавать модель здания – достаточно использовать уже имеющиеся компоненты внеся незначительные изменения. Кроме того, программа так же распознает САД модели.

Для определения расчетных величин пожарного риска в здании были рассмотрены следующие сценарии развития пожара. Представленные в таблице 9.

Таблица 9 – Сценарии развития пожара АО «НАК Азот»

Наименование сценария	Очаг пожара	Расположение очага пожара	Параметры очага пожара
Сценарий 1	Очаг пожара 1	План на отм.0,000	Горючая нагрузка: Электрокабель АПВГ Максимальная возможная площадь горения: 0,938 м ² Максимальная фактическая площадь горения: 0,938 м ² Удельная мощность 825,989 кВт/м ²

На рисунке 1 изображена модель объекта – здания установки по производству гранулированного карбамида.

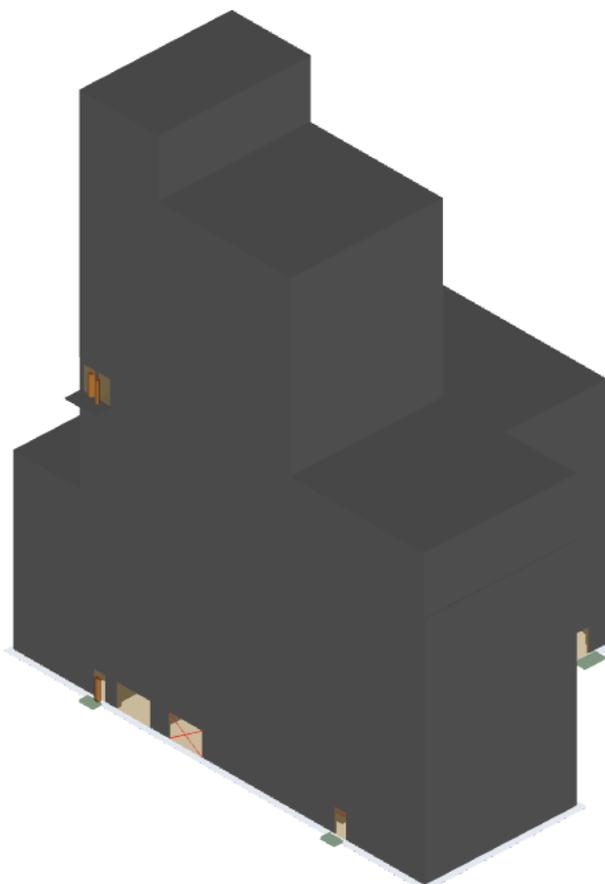


Рисунок 1 – Модель объекта здания установки по производству гранулированного карбамида

Перечень исходных данных.

Класс функциональной пожарной опасности здания: Ф5 ($Q_{п} = 1,2 \cdot 10^{-5}$)

Наличие систем автоматической пожарной сигнализации: Выполнена по нормам.

Наличие систем оповещения и управления эвакуацией: Тип 3.

Наличие систем противодымной защиты: Выполнена по нормам.

Наличие систем автоматического пожаротушения: предусматривается.

Время нахождения людей в здании: суммарно 4 ч в течение суток (отсутствие производственных помещений с постоянным пребыванием обслуживающего персонала).

Определение времени блокирования путей эвакуации.

Моделирование динамики развития пожара проводилось по полевой модели с помощью программы FDS. Моделирование проводилось в следующих областях расчета:

- область расчета 1 (размер ячейки 0,25 м);
- область расчета 2 (размер ячейки 0,25 м) [24].

В таблице 10 представлены характеристики горючей нагрузки, использовавшейся при моделировании.

Таблица 10 – Параметры горючей нагрузки

Параметр	Единица измерения	Значение
Низшая теплота сгорания	кДж/кг	36400
Линейная скорость распространения пламени	м/с	0,0071
Удельная массовая скорость выгорания	кг/(м ² · с)	0,0244
Коэффициент полноты сгорания	—	0,93
Удельная мощность	кВт/м ²	825,9888
Дымообразующая способность	Нп · м ² /кг	407
Потребление кислорода (O ₂)	кг/кг	2,19
Выделение углекислого газа (CO ₂)	кг/кг	0,903
Выделение угарного газа (CO)	кг/кг	0,15
Выделение хлористого водорода (HCl)	кг/кг	0,016

Горючая нагрузка: Электрокабель АПВГ; ПВХ оболочка + полиэтилен.
Для определения времени блокирования путей эвакуации была составлена модель здания.

Моделировалась динамика развития пожара в течение 150 секунд.

Для измерения опасных факторов пожара были установлены регистраторы.

Пожарная модель рассматриваемого здания представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – План на отм. 0,000. Пожарная модель

Следующие рисунки 3 – 8 показывают динамику развития ОФП.

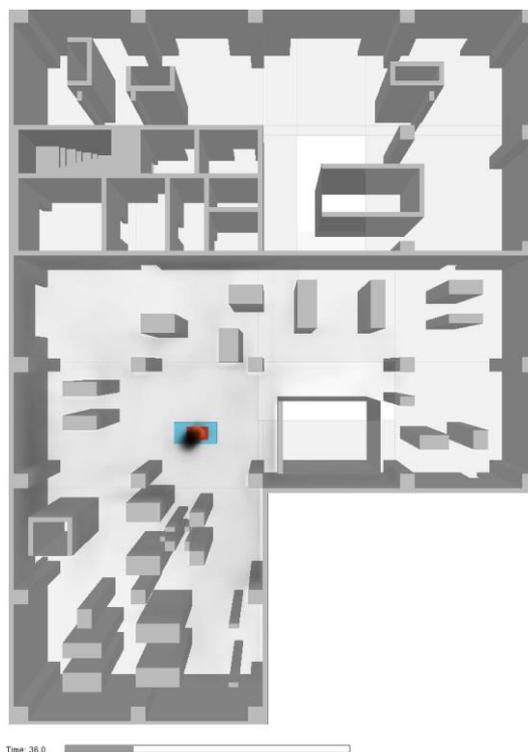


Рисунок 3 – План на отм. 0,000. Развитие ОФП через 36 секунд после начала пожара

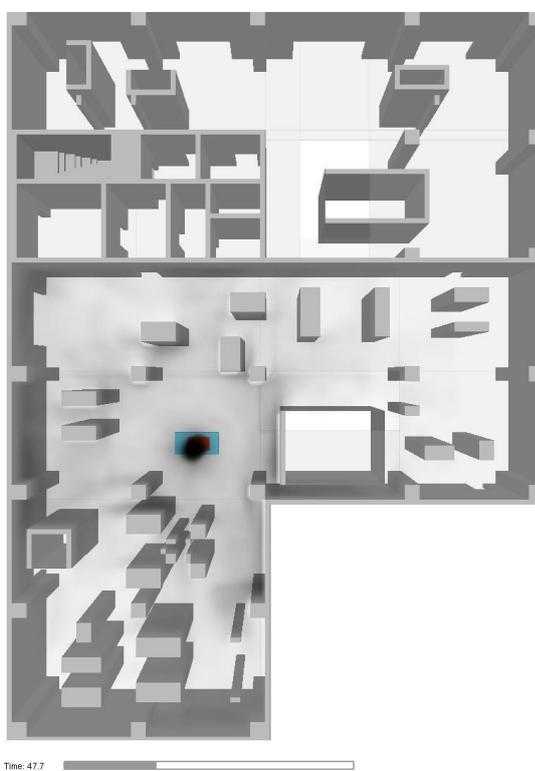


Рисунок 4 – План на отм. 0,000. Развитие ОФП через 47,8 секунд после начала пожара

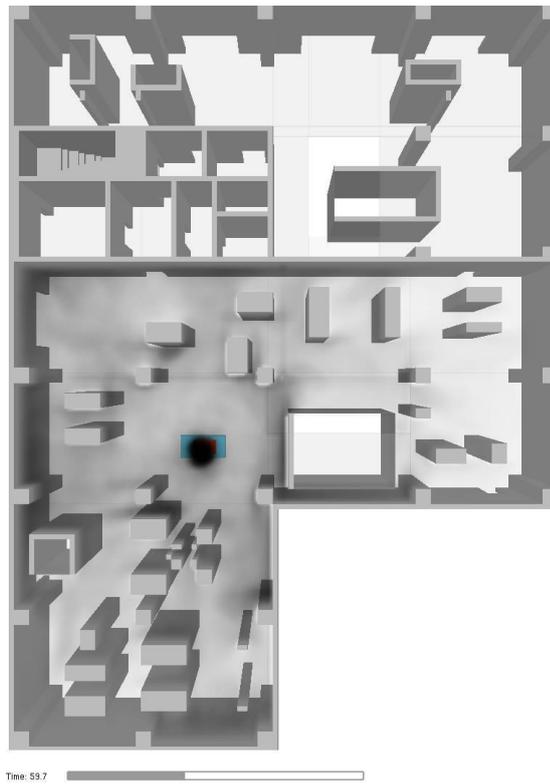


Рисунок 5 – План на отм. 0,000. Развитие ОФП через 59,8 секунд после начала пожара

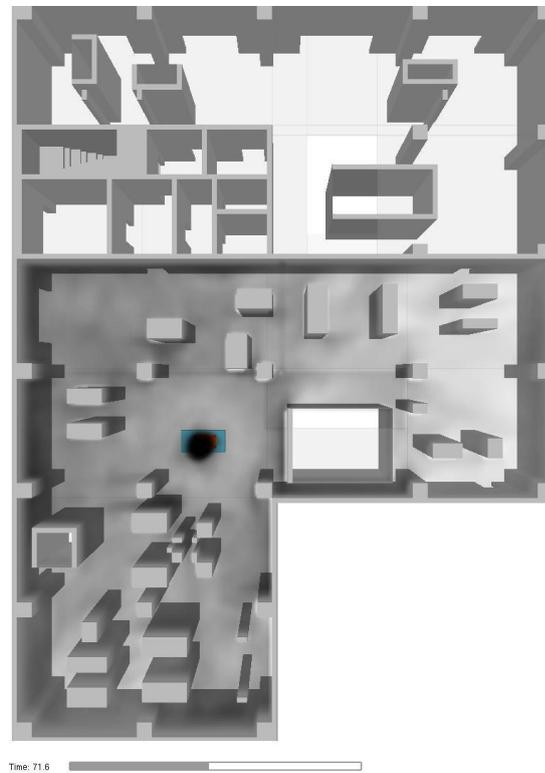


Рисунок 6 – План на отм. 0,000. Развитие ОФП через 71,6 секунд после начала пожара

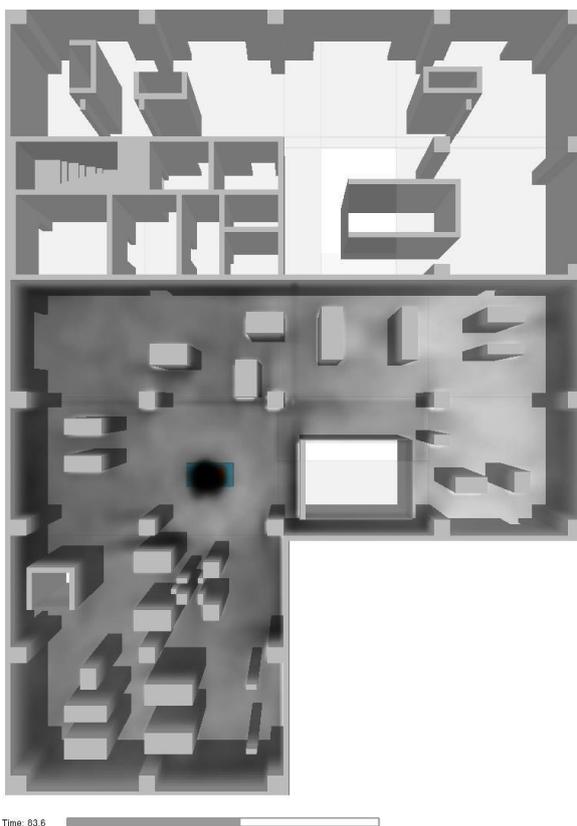


Рисунок 7 – План на отм. 0,000. Развитие ОФП через 83,6 секунд после начала пожара

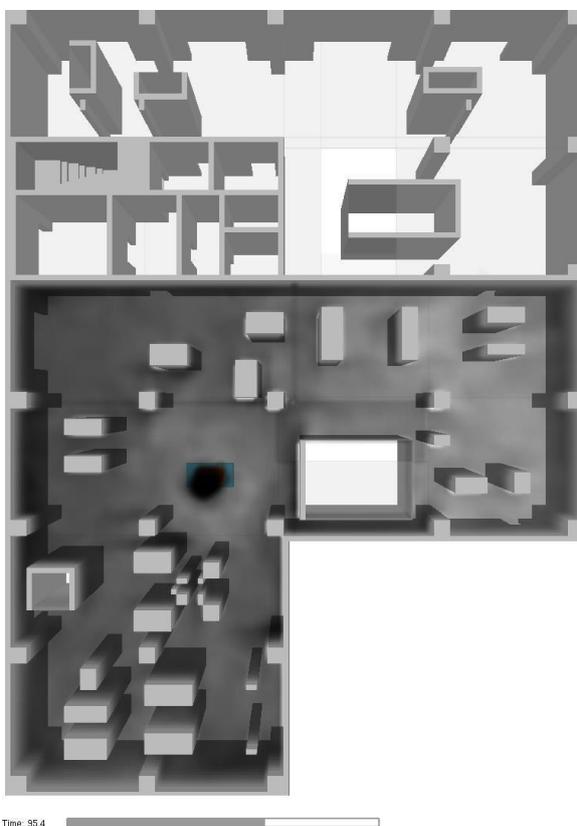


Рисунок 8 – План на отм. 0,000. Развитие ОФП через 95,4 секунд после начала пожара

Таблица 11 показывает, через какое время после начала пожара достигаются предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара в регистраторах.

Таблица 11 – Время блокирования регистраторов

Расположение	Наименование	Время блокирования по каждому ОФП, с						
		Температура	Видимость	O ₂	CO ₂	CO	HCl	Тепловой поток
План на отм. 0,000								
Вне помещений	Дверь 20	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150
	Дверь 8	>150	>150	>150	>150	>150	>150	>150

Результаты моделирования процесса эвакуации представлены в приложении А.

Подробные результаты моделирования развития пожара представлены в Приложении Б.

Количество и расположение людей принималось в соответствии с данными, предоставленными заводом и представлено в таблице 12.

Таблица 12 – Распределение людей по элементам топологии

Элемент топологии		Количество людей
План на отм. 0,000	В помещениях	7 (M1: 7)
	Вне помещений	7 (M1: 7)
План на отм. +5,000	В помещениях	3 (M1: 3)
	Вне помещений	3 (M1: 3)
План на отм. +10,000	В помещениях	3 (M1: 3)
	Вне помещений	3 (M1: 3)
План на отм. +15,000	В помещениях	5 (M1: 5)
	Вне помещений	5 (M1: 5)
План на отм. +20,000	В помещениях	5 (M1: 5)
	Вне помещений	5 (M1: 5)
План на отм. +25,000	В помещениях	2 (M1: 2)
	Вне помещений	2 (M1: 2)
План на отм. +30,000	В помещениях	3 (M1: 3)
	Вне помещений	3 (M1: 3)
План на отм. +35,000	В помещениях	3 (M1: 3)
	Вне помещений	3 (M1: 3)

Продолжение таблицы 12

Элемент топологии		Количество людей
План на отм. +40,000	В помещениях	1 (М1: 1)
	Вне помещений	1 (М1: 1)
ИТОГО		32 (М1: 32)

Для определения времени эвакуации были составлены расчетные схемы эвакуации (рисунки 9 – 17).

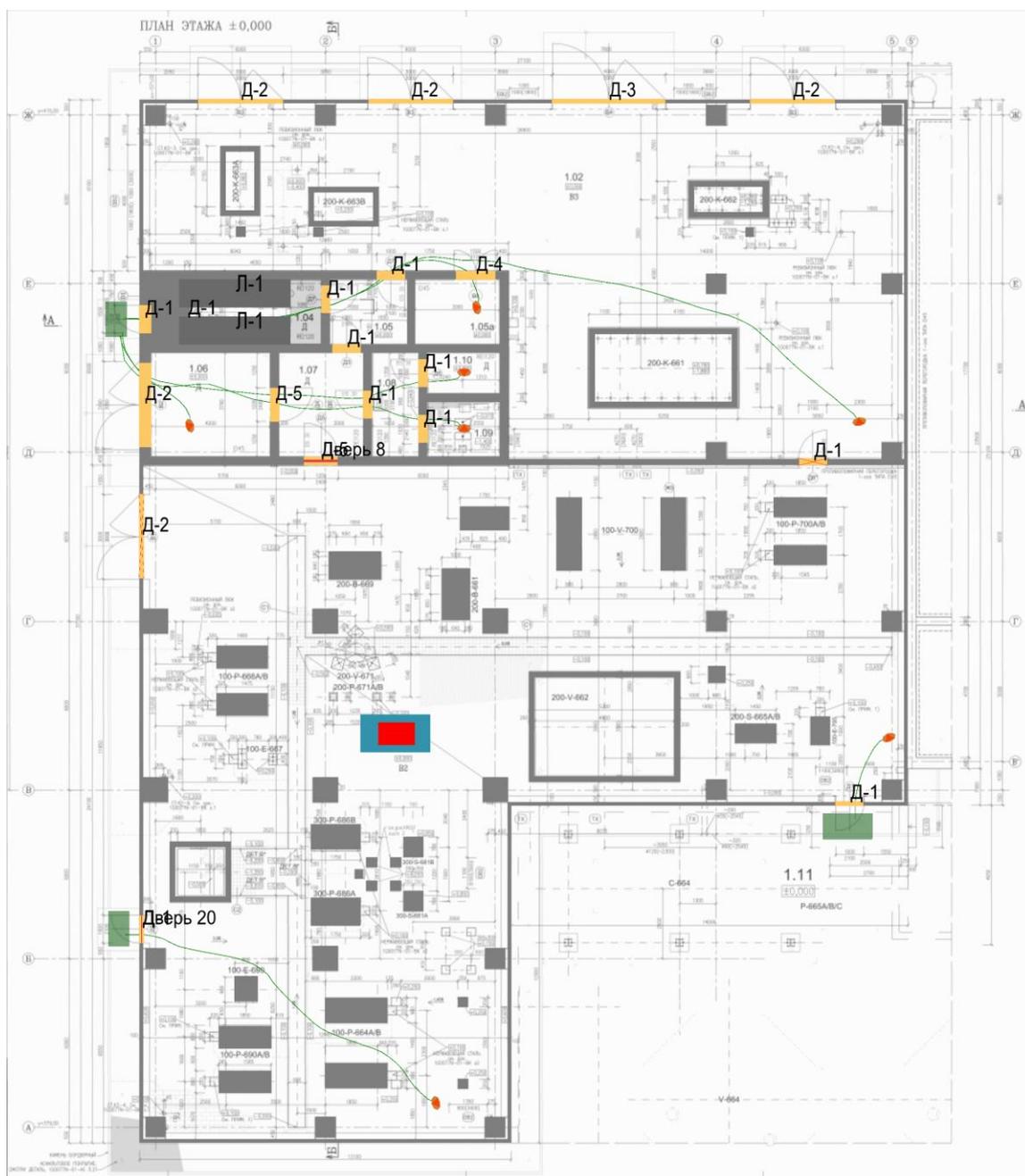


Рисунок 9 – План на отм. 0,000

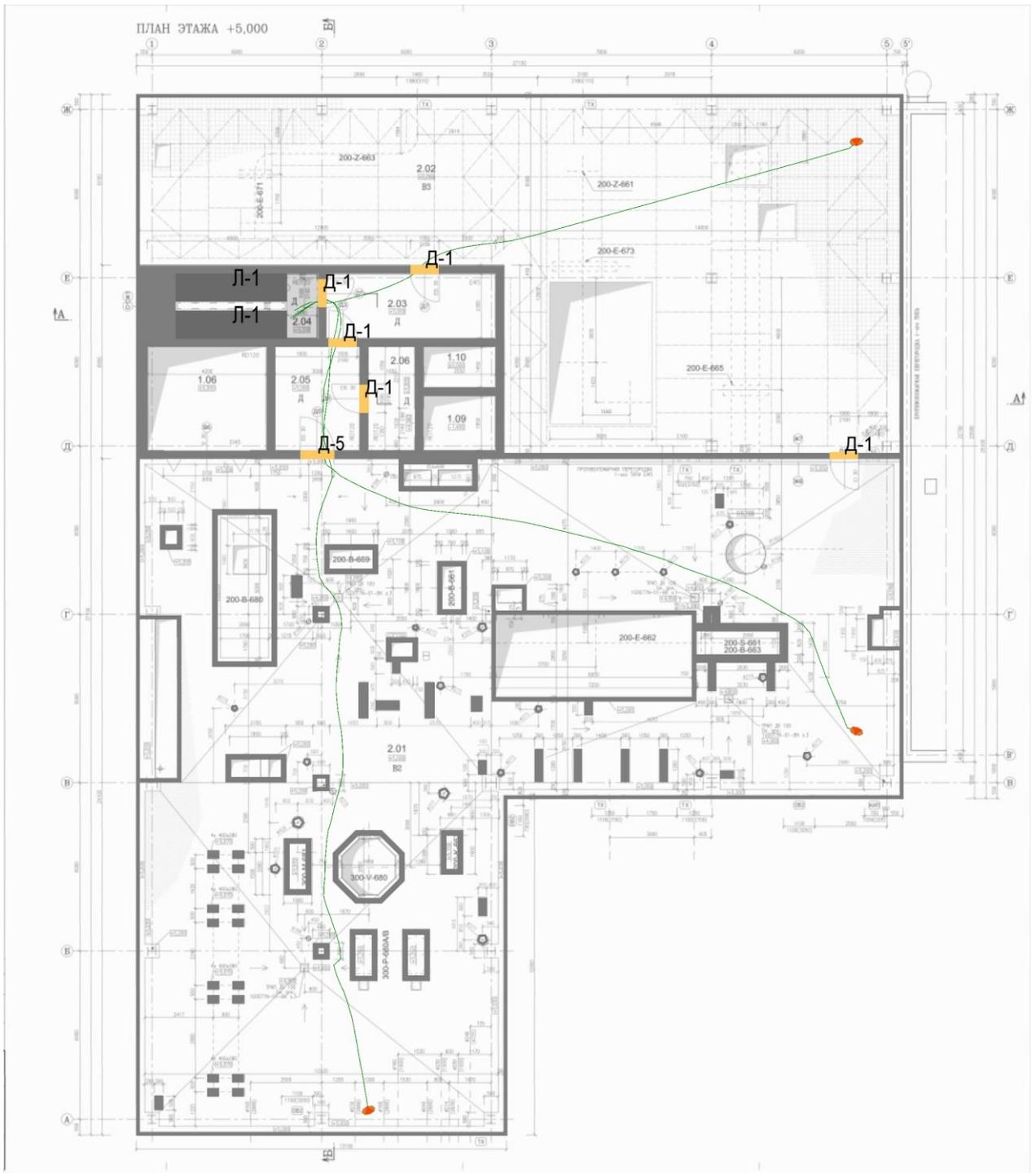


Рисунок 10 – План на отм +5,000

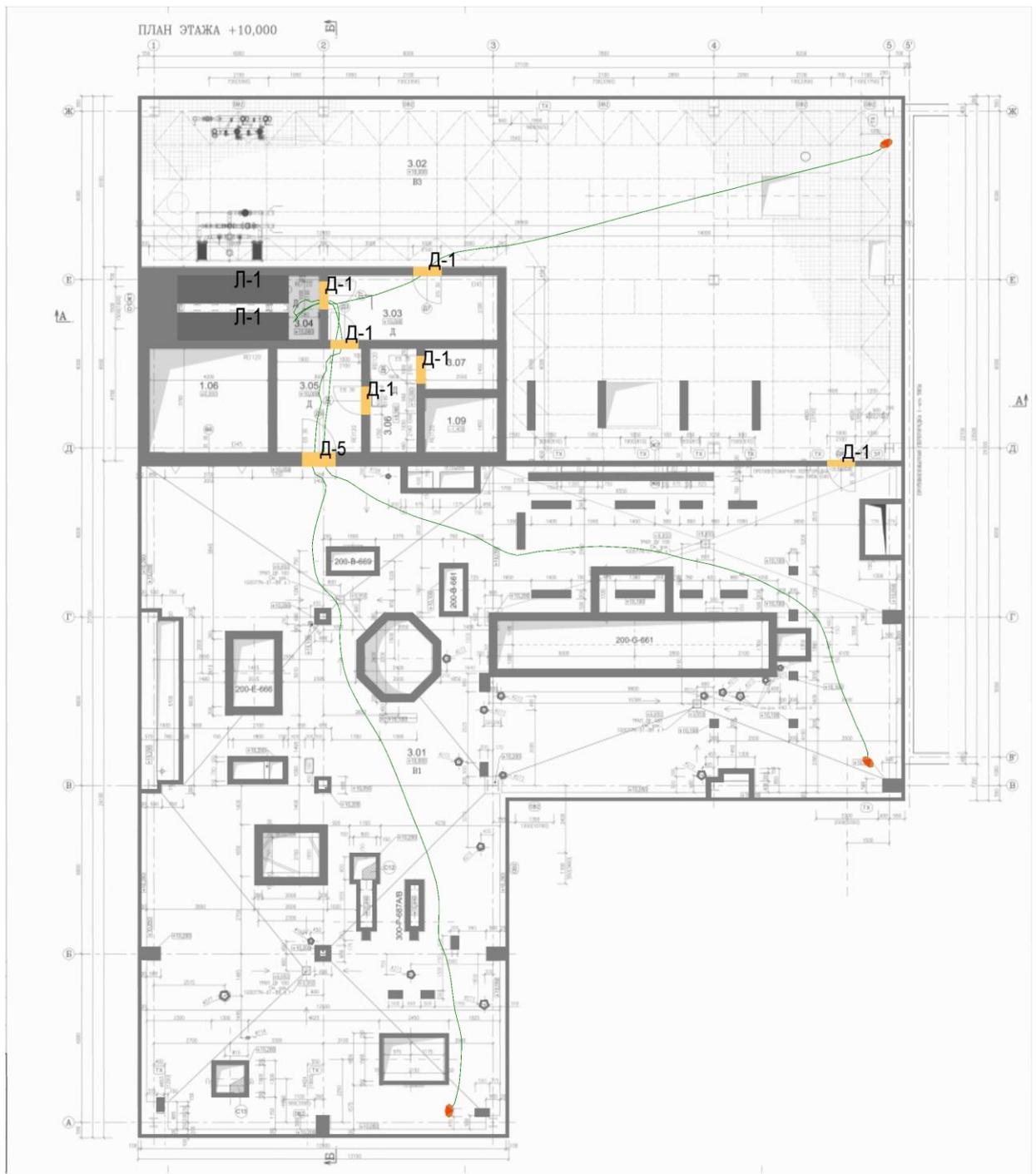


Рисунок 11 – План на отм. +10,000

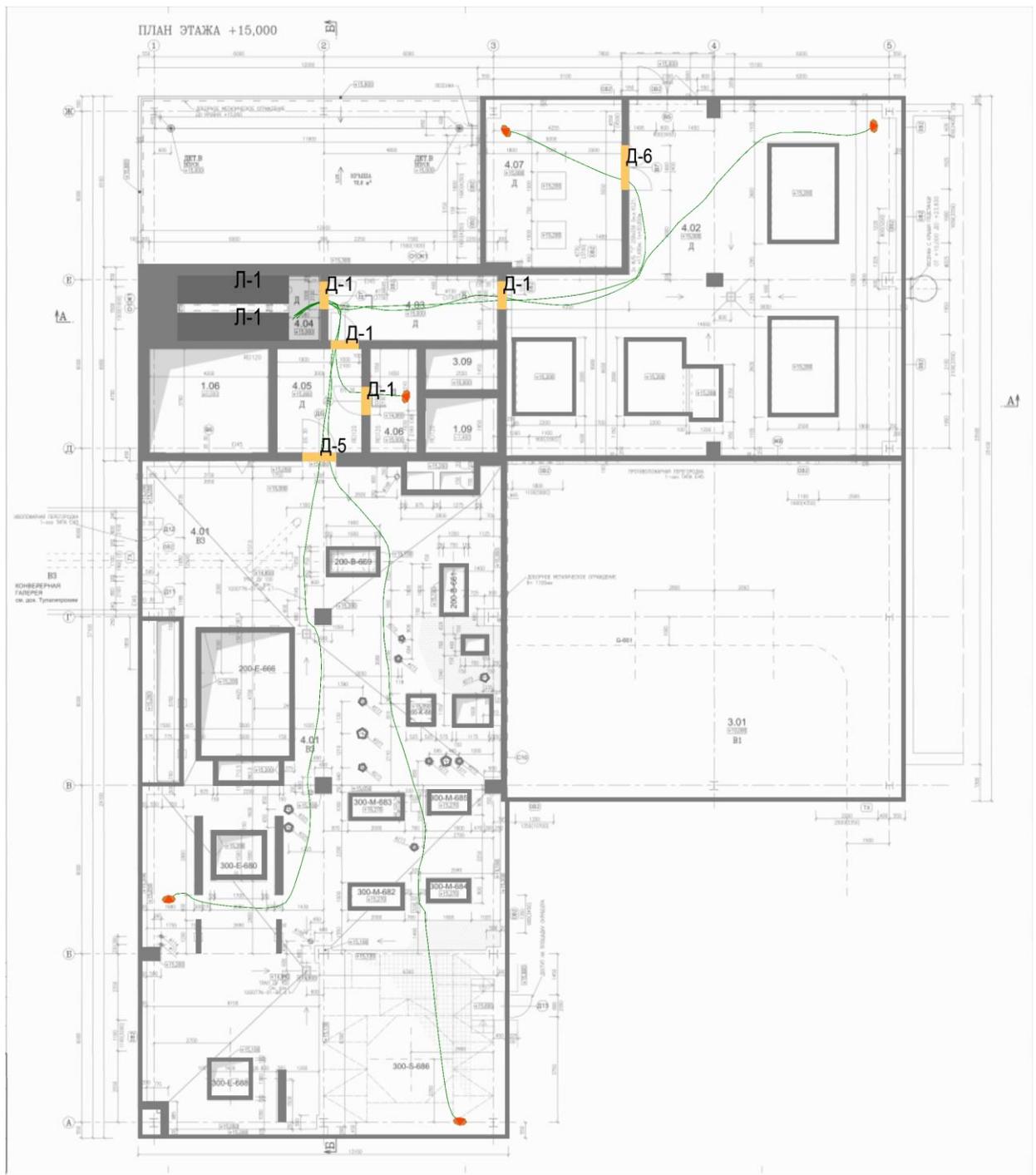


Рисунок 12 – План на отм. +15000



Рисунок 13 – План на отм. +20,000



Рисунок 14 – План на отм. +25,000

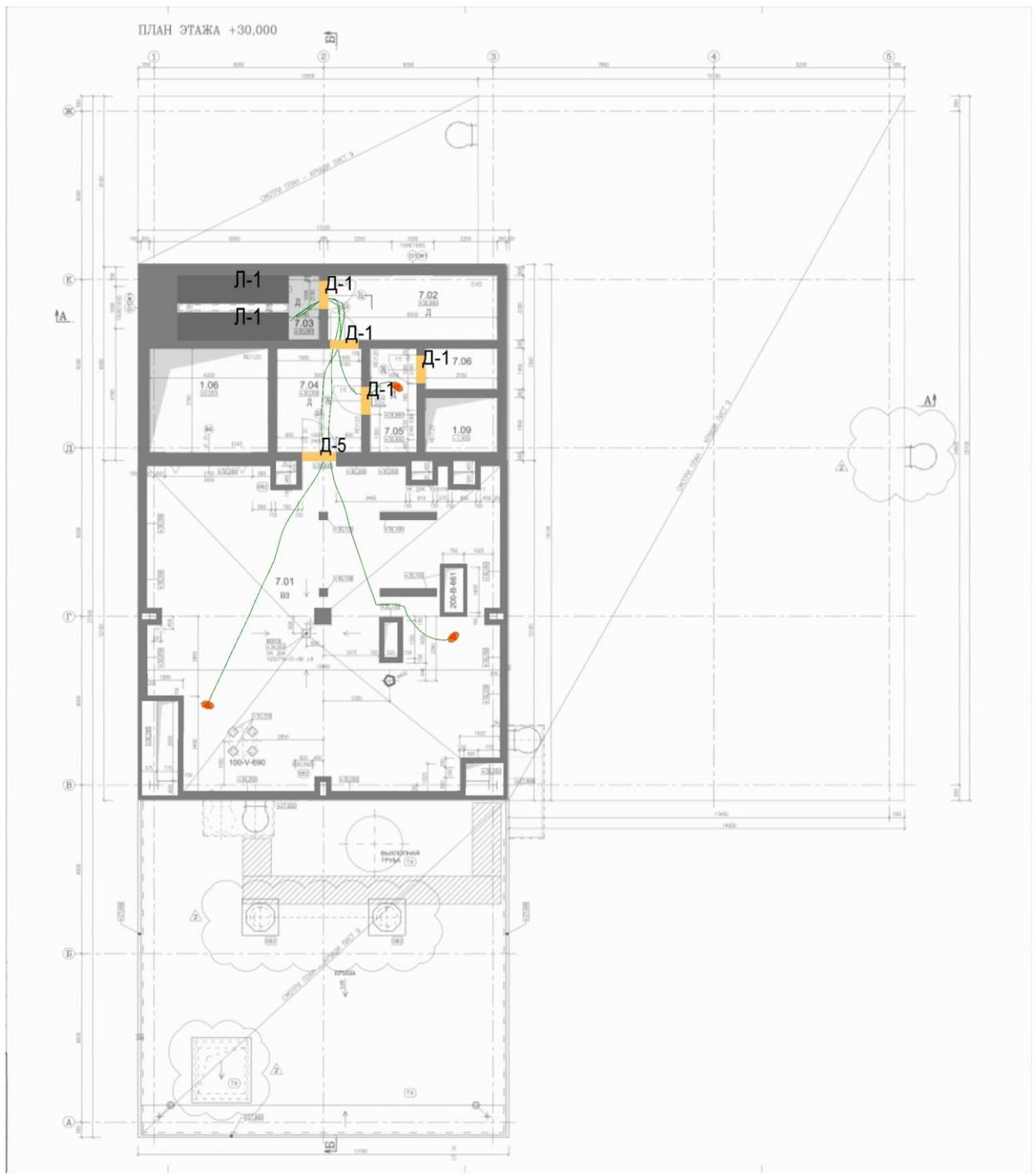


Рисунок 15 – План на отм. +30,000

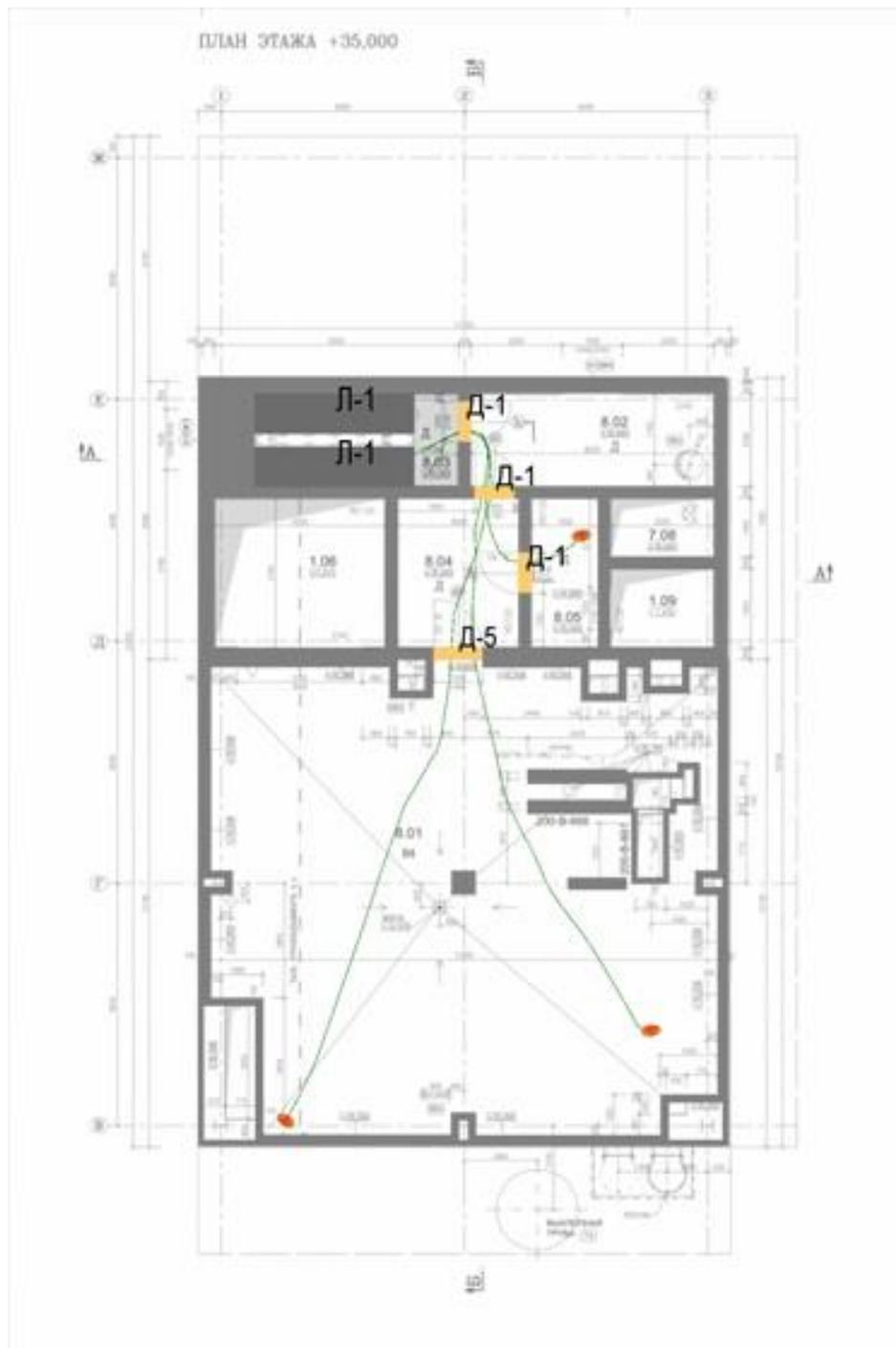


Рисунок 16 – План на отм. +35,000



Рисунок 17 – План на отм.+ 40,000

Следующие рисунки 18 – 25 показывают динамику движения людей при эвакуации через 36 с после начала пожара и через 95,4 с после начала пожара.

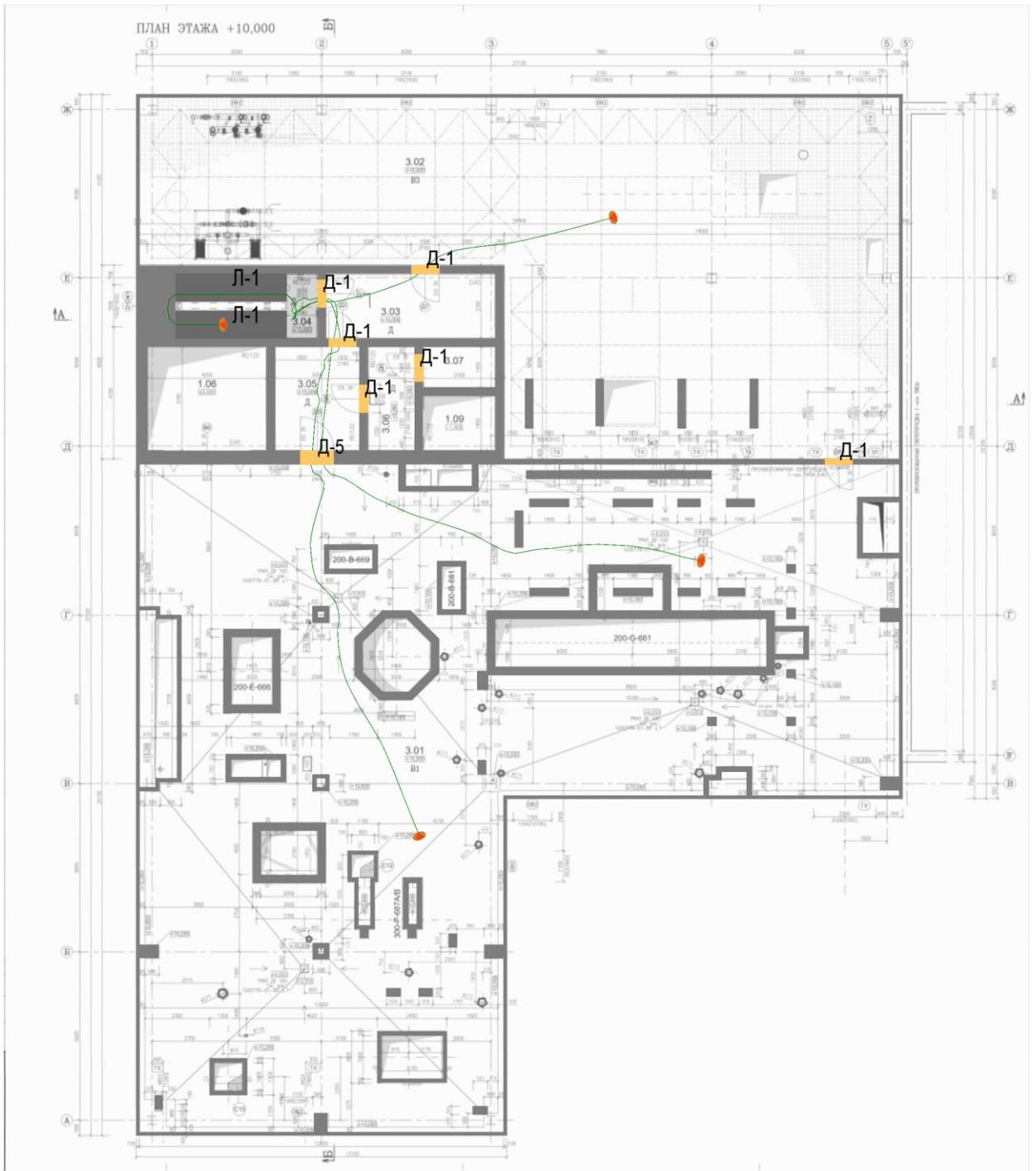


Рисунок 20 – План на отм. +10,000



Рисунок 22 – План на отм. +20,000



Рисунок 23 – План на отм. +25,000

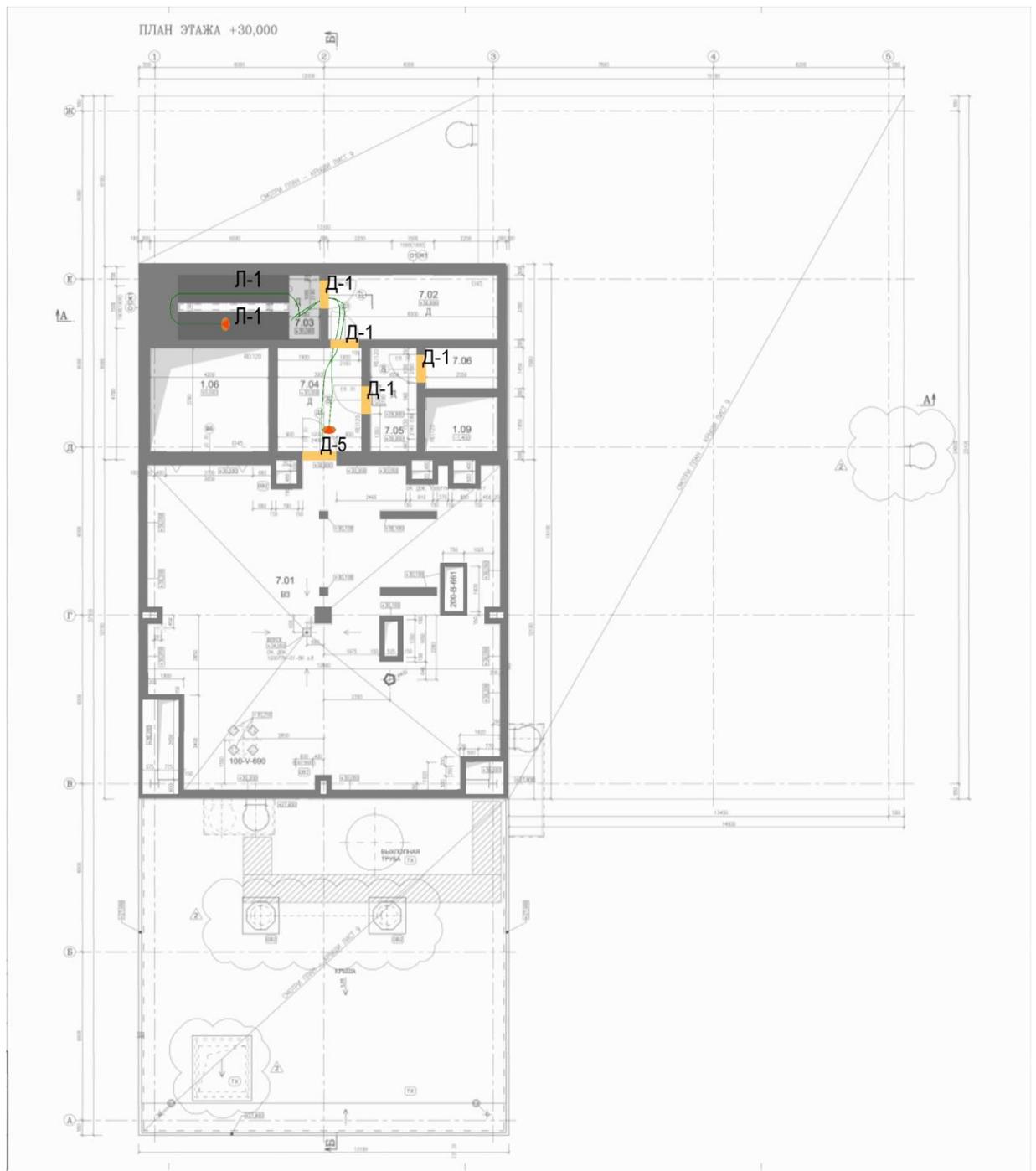


Рисунок 24 – План на отм. +30,000



Рисунок 25 – План на отм. +35,000

На рисунке 26 показано конечное движение людей через 95,4 с после начала пожара.



Рисунок 26 – План на отм. 0,000

Результаты моделирования движения людей.

Значение времени начала эвакуации $t_{НЭ}$ (с) для помещения очага пожара определялось по формуле:

$$t_{НЭ} = 5 + 0,01 \cdot F \quad (1)$$

где F – площадь помещения, m^2 .

Время начала эвакуации: $t_{НЭ} = 30$ с

Время эвакуации:

$$t_{Э} = t_{НЭ} + t_{р} = 101,4. \quad (2)$$

где $t_{НЭ}$ – время начала эвакуации;

$t_{р}$ – расчетное время эвакуации людей, мин.

Время существования скоплений: $t_{СК} = 0$ с.

Общее количество людей: 32 (М1: 32).

Количество эвакуировавшихся людей: 32 (без немобильных и персонала).

Расчет величины индивидуального пожарного риска для сценария.

Результаты расчета времени эвакуации до эвакуационных выходов приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Время эвакуации до эвакуационных выходов

Наименование	Время эвакуации, $t_{Э} = t_{НЭ} + t_{р}$, с	Количество эвакуировавшихся людей
План на отм. 0,000		
Выход 1	101,2	30
Выход 2	37,6	1
Выход 3	31,8	1

Результаты расчета времени эвакуации через регистраторы приведены в таблице 14.

Таблица 14 – Время эвакуации через регистраторы

Расположение	Наименование	Время начала эвакуации, $t_{нэ}$, с	Время эвакуации, $t_э = t_{нэ} + t_{р}$, с	Количество эвакуированных людей
План на отм. 0,000				
Вне помещений	Дверь 20	30,0	37,4	1
	Дверь 8	Не используется	Не используется	0

Значение «не используется» – люди не проходят через регистратор.

Расчет вероятности эвакуации людей. Результаты расчета вероятности эвакуации приведены в таблице 15.

Таблица 15 – Определение вероятности эвакуации

Расположение	Наименование	Время блокирования, $t_{бл}$, с	Необходимое время эвакуации, $0,8 t_{бл}$, с	Время начала эвакуации, $t_{нэ}$, с	Время эвакуации, $t_э = t_{нэ} + t_{р}$, с	Вероятность эвакуации, $P_э$
План на отм. 0,000						
Вне помещений	Дверь 20	>150	>120	30,0	37,4	0,999
	Дверь 8	>150	>120	Не используется	Не используется	0,999

Расчетная величина индивидуального пожарного риска $Q_в$ в каждом здании рассчитывается по формуле:

$$Q_в = Q_п \cdot (1 - R_{ап}) \cdot P_{пр} \cdot (1 - P_э) \cdot (1 - P_{пз}), \quad (3)$$

где $Q_п$ – частота возникновения пожара в здании в течение года;

$R_{ап}$ – вероятность эффективного срабатывания установок автоматического пожаротушения (далее – АУПТ);

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

$P_{\text{э}}$ – вероятность эвакуации людей;

$P_{\text{пз}}$ – вероятность эффективной работы системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре.

Значение параметра $R_{\text{ап}}$ определяется технической надежностью элементов АУПТ, приводимых в технической документации. АУПТ в здании не предусмотрена.

$R_{\text{пр}}$ определяемая из соотношения:

$$R_{\text{пр}} = t_{\text{функц}}/24, \quad (4)$$

где $t_{\text{функц}}$ – время нахождения людей в здании в часах.

Вероятность эвакуации $P_{\text{э}}$ рассчитывают по формуле:

$$P_{\text{э}} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_{\text{р}}}{t_{\text{нэ}}}, & \text{если } t_{\text{р}} < 0,8 \cdot t_{\text{бл}} < t_{\text{р}} + t_{\text{нэ}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин.}, \\ 0,999, & \text{если } t_{\text{р}} + t_{\text{нэ}} \leq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин.}, \\ 0,000, & \text{если } t_{\text{р}} \geq 0,8 \cdot t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин.}, \end{cases} \quad (5)$$

где $t_{\text{р}}$ – расчетное время эвакуации людей, мин.

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

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

$t_{\text{ск}}$ – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5) [17].

В здании функционирует система оповещения III типа, принято $t_{нэ} = 4$ мин [5].

$R_{пз}$ рассчитывается по формуле:

$$R_{пз} = 1 - (1 - R_{обн} \cdot R_{соуэ}) (1 - R_{обн} \cdot R_{пдз}), \quad (6)$$

где $R_{обн}$ – вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации;

$R_{соуэ}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

$R_{пдз}$ – условная вероятность эффективного срабатывания системы противодымной защиты в случае эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации.

Величина индивидуального риска R_m (год^{-1}) для работника m , при его нахождении в здании объекта, обусловленная опасностью пожаров в здании, определяется по формуле:

$$R_m = \sum_{i=1}^N P_i \cdot q_{im} \quad (7)$$

где P_i – величина потенциального риска в i -ом помещении здания, год^{-1}

q_{im} – вероятность присутствия работника m в i -ом помещении;

N – число помещений в здании, сооружении и строении.

Принимаем значения расчетного времени эвакуации (t_p). Подставляя значения (t_p), ($t_{нэ}$), ($t_{бл}$), ($t_{ск}$) в формулу (4) и (5), получаем значение вероятности эвакуации людей $R_{обн} = 0,999$.

$R_{соуэ}$ принимаем 0,8 по паспортным данным завода-изготовителя оборудования.

При отсутствии данных вероятность $R_{пдз}$ допускается принимать равной 0,03 при наличии аварийных или иных выходов и 0,001 при их

отсутствии.

Подставляя полученные значения в формулу (6) получаем:

$$P_{пз} = 1 - (1 - 0,999 \cdot 0,98)(1 - 0,03) = 0,9703$$

В соответствии с методикой, принимаем значения вероятности эффективного срабатывания систем противопожарной защиты равными 0,8, т.е.:

Подставляя значения вероятности эффективного срабатывания технических средств противопожарной защиты получаем:

$$D = 1 - (1 - 0,9) \cdot (1 - 0,8) \cdot (1 - 0,8) \cdot (1 - 0) = 0,996$$

Таким образом, условная вероятность поражения человека Q_{dij} , вычисляемая по формуле (3), будет составлять:

$$Q_{в} = (1 - 0,99903) \cdot (1 - 0,996) = 3,88 \cdot 10^{-6}$$

В соответствии с данными таблицы П1.3 приложения 1 Методики, частоту реализации в течение года сценария пожара (Q_j) принимаем, как для склада химической продукции, равной $1,2 \cdot 10^{-5}$ ($\text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$).

Таким образом, подставляя значение площади 805 м^2 , частота реализации в течении года сценария пожара составит:

$$Q = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 805 \approx 0,1$$

Подставляя полученные данные в формулу (3), определяющую величину потенциального риска P (год^{-1}), получаем:

$$P = 3,88 \cdot 10^{-6} \cdot 0,1 = 0,4 \cdot 10^{-6}$$

Расчет величины индивидуального пожарного риска для сценария.

Подставляя полученные данные в формулу (7), определяющую величину индивидуального пожарного риска R_m (год⁻¹), получаем:

$$R_m = qm \cdot Pi = 0,167 \cdot 0,4 \cdot 10^{-6} = 0,67 \cdot 10^{-7}$$

В ходе выполнения комплекса работ в отношении объекта «Установка по производству гранулированного карбамида с серой в АО «НАК «Азот», установлено следующее:

- условия безопасной эвакуации людей при пожаре выполняются (ст. 53 ФЗ – 123), так как расчетное время эвакуации людей при пожаре менее времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара;
- величина индивидуального пожарного риска на объекте составляет менее 10^{-6} , что соответствует требованиям ч.3 ст.79 ФЗ-123.

Установлены значения времени эвакуации и времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара по принятым вариантам комбинаций горючей нагрузки (с учетом коэффициента безопасности 0,8). Время начала эвакуации принималось $t_{НЭ}$ (с), согласно п. 31 приказа №404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

Для остальных помещений значение времени начала эвакуации определялось по п. 31 приказа №404, равным 0,5 мин.

Согласно положениям статей 53, 89 Федерального закона № 123-ФЗ безопасная эвакуация людей обеспечивается при выполнении двух условий: своевременности (время эвакуации последнего человека должно быть меньше времени блокирования ОФП путей эвакуации) и беспрепятственности (отсутствия на путях эвакуации скопления людей с высокой плотностью).

При эвакуации с этажей Объекта максимальное время выхода из здания Объекта составит 101,4 секунду (Выход 1, Сценарий 1). Время движения при плотности потока D больше $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (скоплений) не возникает.

Таким образом, все необходимые условия безопасной эвакуации выполняются.

Расчет динамики пожара на начальной стадии на объекте и определение расчетного времени эвакуации для принятых расчетных вариантов показали, что эвакуация людей из помещений объекта при активации всех систем коллективной пожарной защиты может быть завершена до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара, и, следовательно, безопасная эвакуация для объекта обеспечена.

Выводы по разделу

В ходе выполнения комплекса работ в отношении объекта «Установка по производству гранулированного карбамида с серой в АО «НАК «Азот», установлено следующее:

- условия безопасной эвакуации людей при пожаре выполняются (ст. 53ФЗ – 123), так как расчетное время эвакуации людей при пожаре менее времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара;
- величина индивидуального пожарного риска на объекте составляет менее 10^{-6} , что соответствует требованиям ч.3 ст.79 ФЗ-123.

Установлены значения времени эвакуации и времени от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара по принятым вариантам комбинаций горючей нагрузки (с учетом коэффициента безопасности 0,8).

Время начала эвакуации принималось $t_{НЭ}$ (с), согласно п. 31 приказа

№404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».

Согласно положениям статей 53, 89 Федерального закона № 123-ФЗ от 22.07.2008г. безопасная эвакуация людей обеспечивается при выполнении двух условий: своевременности (время эвакуации последнего человека должно быть меньше времени блокирования ОФП путей эвакуации) и беспрепятственности (отсутствия на путях эвакуации скопления людей с высокой плотностью).

При эвакуации с ярусов Объекта максимальное время выхода со здания Объекта составит 101,4 секунду (Выход 1, Сценарий 1). Время движения при плотности потока D больше $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ (скоплений) не возникает.

Таким образом, все необходимые условия безопасной эвакуации выполняются.

Расчет динамики пожара на начальной стадии на Объекте и определение расчетного времени эвакуации для принятых расчетных вариантов показали, что эвакуация людей из помещений Объекта при активации всех систем коллективной пожарной защиты может быть завершена до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара, и, следовательно, безопасная эвакуация для Объекта обеспечена.

В соответствии с п. 6 ст. 15 ФЗ-384, расчет пожарного риска показал, что проектные значения параметров и других проектных характеристик здания, не сказывается на успешной эвакуации людей из здания Объекта, тем самым обеспечиваются условия безопасной эвакуации людей при пожаре (беспрепятственность и своевременность).

Заключение

Тема магистерской диссертации: «Анализ пожарной безопасности объекта при проведении проектных работ и разработка инженерно-технических и организационных мероприятий для установки по производству гранулированного карбамида».

Во введении раскрывается актуальность исследования, ставятся цели и задачи исследования. Описывается объект и предмет исследования. Во введении так же приводится научная новизна работы, ее практическая значимость и практики применения результатов работы.

В первом разделе магистерской диссертации раскрывается понятие пожарной безопасности. Приводится классификация пожаров, их виды. В главе так же рассматриваются распространенные причины пожаров. Также проводится исследование нормативной документации по теме пожарной безопасности зданий и помещений. Приводятся меры пожарной безопасности в помещениях по производству гранулированного карбамида.

Во втором разделе магистерской диссертации проводится анализ пожарной безопасности производственной площадки АО «НАК Азот». Пожарная характеристика объекта исследования – в помещениях по производству гранулированного карбамида производственной площадки АО «НАК Азот» включает в себя пожарную характеристику здания, особенности архитектуры, состояние водоснабжения, вентиляции, электроснабжения здания. Также проводится анализ состояния противопожарной защиты здания. Исследуется система пожаротушения и оповещения персонала, осведомленность о действиях во время пожара.

В третьем разделе магистерской диссертации проводится разработка инженерно-технических и организационных мероприятий для установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот». В главе производится расчет пожарного риска для установки по производству гранулированного карбамида. В качестве комплекса мер производится выбор

системы пожаротушения помещения установки по производству гранулированного карбамида АО «НАК Азот». В качестве компенсирующих мер предлагается установить в здании установки по производству гранулированного карбамида устройство дренчерных завес в качестве противопожарной преграды АО «НАК Азот». Допустимость принятых противопожарных мероприятий обоснована приведенным в работе расчетом пожарного риска.

Расчет динамики пожара на начальной стадии на Объекте и определение расчетного времени эвакуации для принятых расчетных вариантов показали, что эвакуация людей из помещений Объекта при активации всех систем коллективной пожарной защиты может быть завершена до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара, и, следовательно, безопасная эвакуация для Объекта обеспечена.

В соответствии с п. 6 ст. 15 ФЗ-384, расчет пожарного риска показал, что проектные значения параметров и других проектных характеристик здания, не сказывается на успешной эвакуации людей из здания Объекта, тем самым обеспечиваются условия безопасной эвакуации людей при пожаре (беспрепятственность и своевременность).

Список используемых источников

1. Бадагуев, Б. Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, журналы, протоколы, планы, инструкции 4-е изд., пер. и доп. М.: Альфа-Пресс, 2014. 720 с.
2. Баратов А. Н., Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов, и средства их тушения: Справ. Изд.: в 2 книгах. М.:Химия, 1990.
3. Горбунова, Л. Н., Васильев С.И. Основы промышленной безопасности: учебное пособие: в 2-х ч., Ч. 1. СПб.: Сибирский федеральный университет, 2012. 502 с.
4. Григорьев, Л. Н. Экономическая эффективность внедрения систем противопожарной защиты. г. Пермь: Сфера, 2009. 122 с.
5. Грушевский Б. В., Яковлев А. И., Кривошеев И. Н., Шурин Е. Т., Климушин Н.Г.. Пожарная профилактика в строительстве. М.: Высшая инженерная пожарно-техническая школа МВД СССР, 1985. 246 с.
6. Драйздейл Д.. Введение в динамику пожаров. М.: Стройиздат, 1990. 156 с.
7. Корольченко, А. Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: Справочник в 2-х томах. М. : Ассоциация "Пожнаука", 2016. 713 с.
8. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. Учебное пособие. М: АГПС МВД РФ, 2000. 358 с.
9. О федеральном государственном пожарном надзоре (вместе с «Положением о федеральном государственном пожарном надзоре») [Электронный ресурс] : Постановление Правительства РФ № 290 от 12.04.2012 г. URL: <http://base.garant.ru/70161266/> (дата обращения 25.06.2021)

10. О пожарной безопасности [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 21.12.1994 № 69–ФЗ. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_5438/ (дата обращения: 25.06.2021).
11. Пат. РФ № 2514488 спринклерная система пожаротушения. Авторы: Кочетов Олег Савельевич (RU), Стареева Мария Олеговна (RU), Стареева Мария Михайловна (RU). Заявитель и патентообладатель: Кочетов Олег Савельевич (RU), Стареева Мария Олеговна (RU), Стареева Мария Михайловна (RU). Заявка: 2013107082/12. Заявл.: 19.02.2013, опубл.: 27.04.2014. Бюл. № 12.
12. Пат. РФ № RU2512869C1 Установка пожаротушения водяной завесой. Авторы: Олег Савельевич Кочетов, Мария Олеговна Стареева, Мария Михайловна Стареева (RU). Заявитель и патентообладатель: Олег Савельевич Кочетов (RU). Заявка: 2013124987/12. Заявл.: 30.05.2013, опубл.: 10.04.2014. Бюл. № 10.
13. Порядок действий при пожаре. URL: <https://pandia.ru/text/80/378/67238.php> (дата обращения: 25.06.2021).
14. Предтеченский В.М., Милинский А.И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. М., 1979. 358 с.
15. Расчет необходимого времени эвакуации людей из помещений при пожаре. Рекомендации. М., ВНИИПО, 1989, 22 с.
16. Сальков, О. А. Комментарий к Федеральному закону от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» М.: Деловой двор, 2016. 712 с.
17. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009 URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения 25.06.2021).

18. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности» [Электронный ресурс] : СП 3.13130.2009 URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения 25.06.2021)
19. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы [Электронный ресурс] : СП 1.13130.2009 URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071145> (дата обращения 25.06.2021).
20. Собурь, С.В. Пожарная безопасность предприятия : Курс пожарно-технического минимума: Учебно-справочное пособие. М.: ПожКнига, 2016. 480 с.
21. Техника пожарная. Аппараты дыхательные со сжатым воздухом с открытым циклом дыхания. Общие технические требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 53255-2009 URL: <http://base.consultant.ru/cons/CGI/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=459178>(дата обращения: 25.06.2021).
22. Техника пожарная. Самоспасатели изолирующие со сжатым воздухом для защиты людей от токсичных продуктов горения при эвакуации из задымленных помещений во время пожара. Общие технические требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс] : ГОСТ Р 53259 – 2009 URL: http://nsis.cleper.ru/Gost_r/53259.pdf(дата обращения: 25.06.2021).
23. Холщевников В.В. Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре. – М.: МИПБ МВД России, 1999.93 с.
24. Шебеко Ю. Н., Смолин И. М., Молчадский И. С. Пособие по применению НПБ 105-95 «Определение категорий помещений и зданий по взрывопожарной и пожарной опасности» при

- рассмотрении проектно-сметной документации. М.: ВНИИПО, 1998. 119 с.
25. CPR 18E. Guidelines for quantitative risk assessment. («Purple Book»). Den Haag, Committee for the Prevention of Disasters. 1999. 427 p.
 26. Fire Dynamics Simulator (FDS) [Электронный ресурс] : NIST, 2021. URL: <https://pages.nist.gov/fds-smv/>(дата обращения: 25.06.2021).
 27. Guidance for fighting fires and/or decomposition involving solid mineral nitrogen-based fertilizers [Электронный ресурс] : Fertilizers Europe 2015 URL: https://www.fertilizerseurope.com/wp-content/uploads/2019/08/Fire_guidance_2.pdf(дата обращения: 25.06.2021).
 28. Guido Wehmeier, Konstantinos Mitropetros Fire Protection in the Chemical Industry [Электронный ресурс] : Chemical engineering transactions VOL. 48, 2016 URL: <https://www.aidic.it/cet/16/48/044.pdf>(дата обращения: 25.06.2021).
 29. Morrisson F. Fire Hazard Prevention in Fertilizer Plant. [Электронный ресурс] : Kings Infomedia Pvt. Ltd. 2018 URL: https://www.fertilizer-machine.net/solution_and_market/fire-prevention-in-fertilizer-plant.html/(дата обращения: 30.03.2021).
 30. Uznanski Dominik T. Water spray curtains : a promising technique to fight against major industrial hazards [Электронный ресурс] : Conferences Gaz de France, 2011 URL: <http://www.ivt.ntnu.no/ept/fag/tep4215/innhold/LNG%20Conferences/2001/Data/POSTERSV/4CONSTRU/Po-21-uz.pdf>(дата обращения: 30.03.2021).

Приложение А
Результаты моделирования процесса эвакуации

Сценарий 1.

Таблица А.1 – План на отм. 0,000

Имя	Контингент	Площадь горизонтальной проекции, м ²	Пройденный путь, м	Время начала эвакуации, t _{нэ} , с	Время эвакуации, t _э , с
Человек 26	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	14,1	30,0	38,6
Человек 27	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	13,3	30,0	38,2
Человек 28	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	13,5	30,0	38,6
Человек 29	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	4,3	30,0	32,6
Человек 30	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	28,2	30,0	47,0
Человек 31	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	13,0	30,0	37,8
Человек 32	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	3,3	30,0	32,0

Таблица А.2 – План на отм. +5,000

Имя	Контингент	Площадь горизонтальной проекции, м ²	Пройденный путь, м	Время начала эвакуации, t _{нэ} , с	Время эвакуации, t _э , с
Человек 23	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	39,1	30,0	53,6
Человек 24	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	47,8	30,0	59,0
Человек 25	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	49,2	30,0	61,0

Продолжение Приложения А

Таблица А.3 – План на отм. +10,000

Имя	Контингент	Площадь горизонтальной проекции, м ²	Пройденный путь, м	Время начала эвакуации, тнэ, с	Время эвакуации, тэ, с
Человек 20	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	52,2	30,0	61,8
Человек 21	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	62,2	30,0	70,4
Человек 22	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	61,8	30,0	68,8

Таблица А.4 – План на отм. +15,000

Имя	Контингент	Площадь горизонтальной проекции, м ²	Пройденный путь, м	Время начала эвакуации, тнэ, с	Время эвакуации, тэ, с
Человек 15	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	64,6	30,0	71,4
Человек 16	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	62,6	30,0	69,6
Человек 17	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	49,2	30,0	60,2
Человек 18	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	70,1	30,0	72,6
Человек 19	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	73,8	30,0	74,4

Продолжение Приложения А

Таблица А.5 – План на отм. +20,000

Имя	Контингент	Площадь горизонтальной проекции, м ²	Пройденный путь, м	Время начала эвакуации, тнэ, с	Время эвакуации, тэ, с
Человек 10	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	60,8	30,0	66,8
Человек 11	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	63,7	30,0	71,0
Человек 12	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	86,1	30,0	82,6
Человек 13	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	70,7	30,0	73,0
Человек 14	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	78,8	30,0	77,4

Таблица А.6 – План на отм. +25,000

Имя	Контингент	Площадь горизонтальной проекции, м ²	Пройденный путь, м	Время начала эвакуации, тнэ, с	Время эвакуации, тэ, с
Человек 8	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	85,4	30,0	81,8
Человек 9	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	75,3	30,0	75,8

Продолжение Приложения А

Таблица А.7 – План на отм. +30,000

Имя	Контингент	Площадь горизонтальной проекции, м ²	Пройденный путь, м	Время начала эвакуации, тнэ, с	Время эвакуации, тэ, с
Человек 4	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	87,7	30,0	83,4
Человек 5	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	97,4	30,0	89,6
Человек 6	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	98,6	30,0	91,6

Таблица А.8 – План на отм. +35,000

Имя	Контингент	Площадь горизонтальной проекции, м ²	Пройденный путь, м	Время начала эвакуации, тнэ, с	Время эвакуации, тэ, с
Человек 2	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	100,3	30,0	92,2
Человек 3	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	112,8	30,0	101,4
Человек 7	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	110,4	30,0	96,6

Таблица А.9 – План на отм. +40,000

Имя	Контингент	Площадь горизонтальной проекции, м ²	Пройденный путь, м	Время начала эвакуации, тнэ, с	Время эвакуации, тэ, с
Человек 1	Взрослый человек в зимней одежде	0,125	113,7	30,0	101,0

Приложение Б

Результаты моделирования процесса развития пожара

Для измерения опасных факторов пожара на путях эвакуации установлены регистраторы. Каждый регистратор является комплексным измерительным прибором и состоит из нескольких сенсоров (1 сенсор на 1 метр регистратора). Сенсор представляет собой контрольную точку измерения опасных факторов пожара (температура, видимость, тепловой поток, концентрации кислорода, оксида углерода, диоксида углерода и хлористого водорода).

Ниже на рисунках Б.1-Б.4 представлены графики изменения опасных факторов пожара для регистратора «Дверь 20» сценарий 1, план на отм. 0,000.

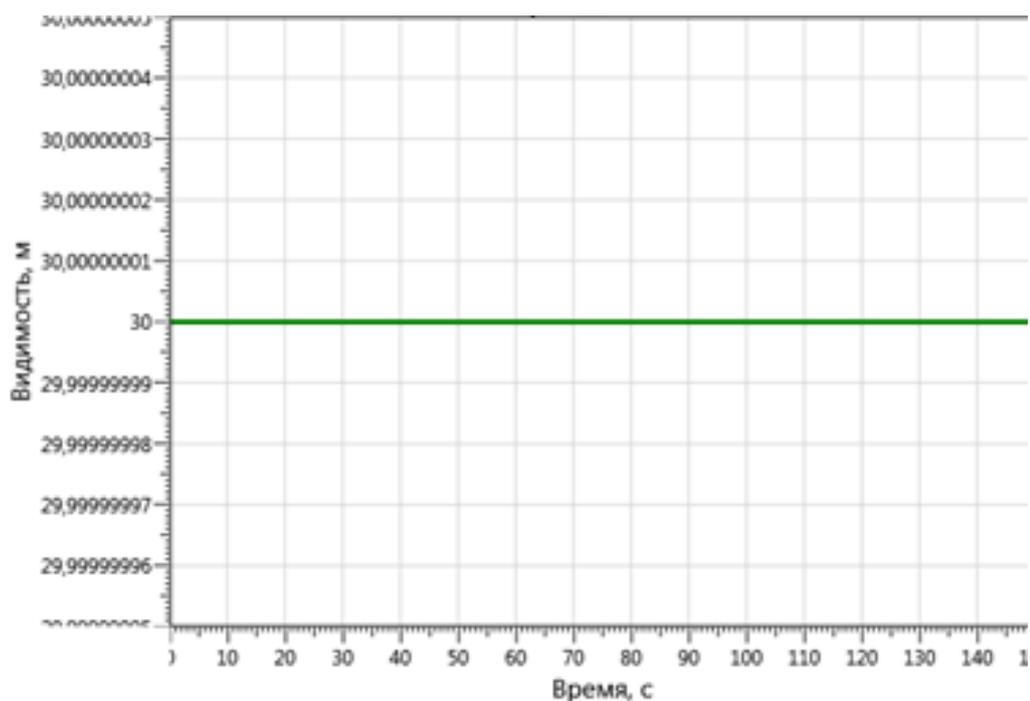


Рисунок Б.1 – График изменения видимости для регистратора «Дверь 20» сценарий 1, план на отм. 0,000

Продолжение Приложения Б

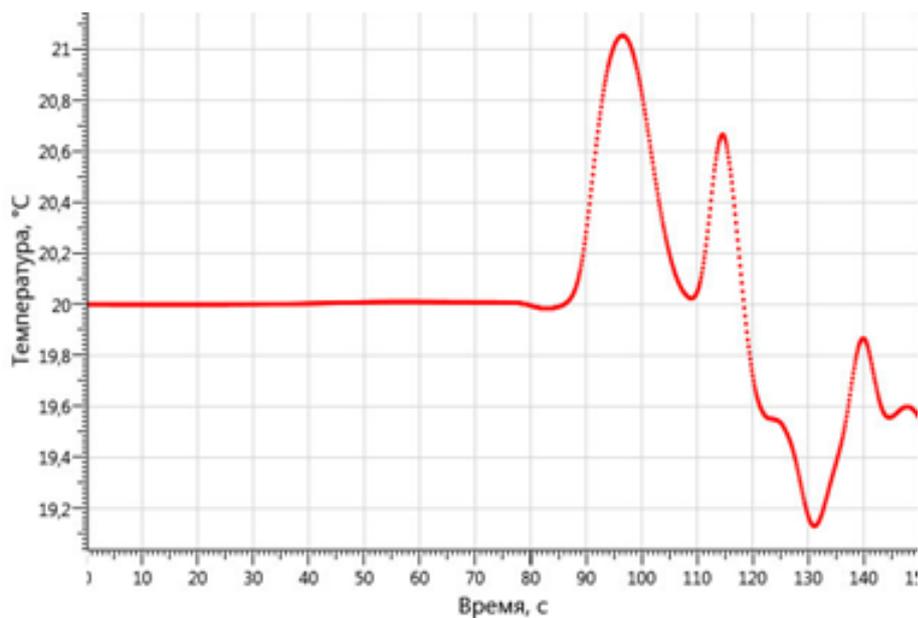


Рисунок Б.2 – График изменения температуры для регистратора «Дверь 20» сценарий 1, план на отм. 0,000

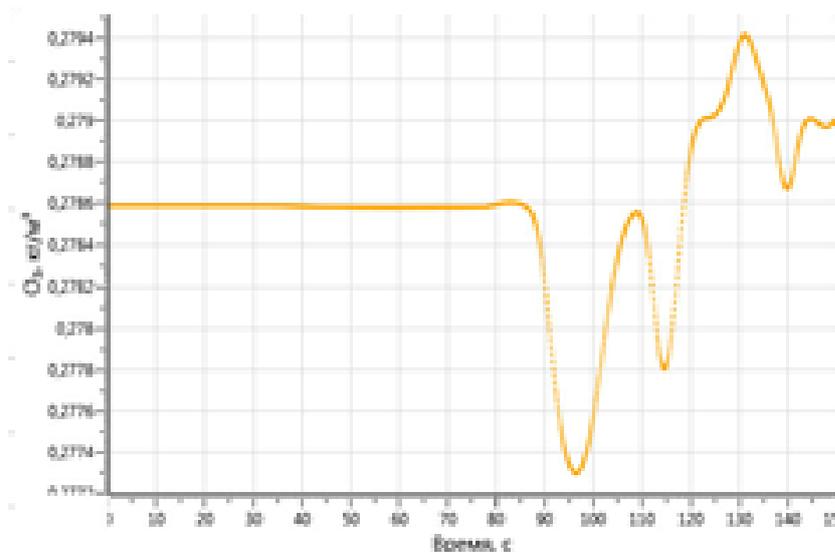


Рисунок Б.3 – График изменения содержания кислорода для регистратора «Дверь 20» сценарий 1, план на отм. 0,000

Продолжение Приложения Б

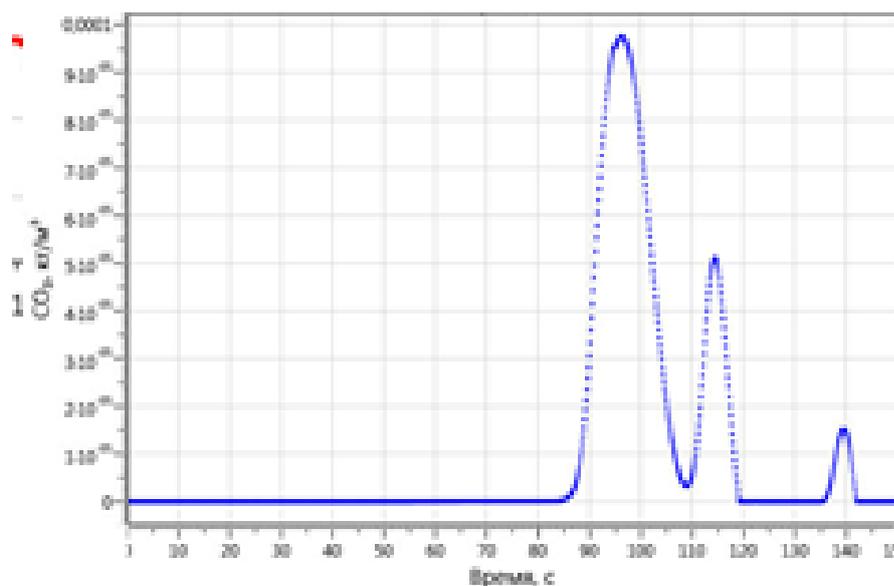


Рисунок Б.4 – График изменения содержания кислорода «Дверь 20»
сценарий 1, план на отм. 0,000

Ниже на рисунке Б.5-Б.8 представлены графики изменения опасных факторов пожара для регистратора «Дверь 8», сценарий 1, план на отм. 0,000.

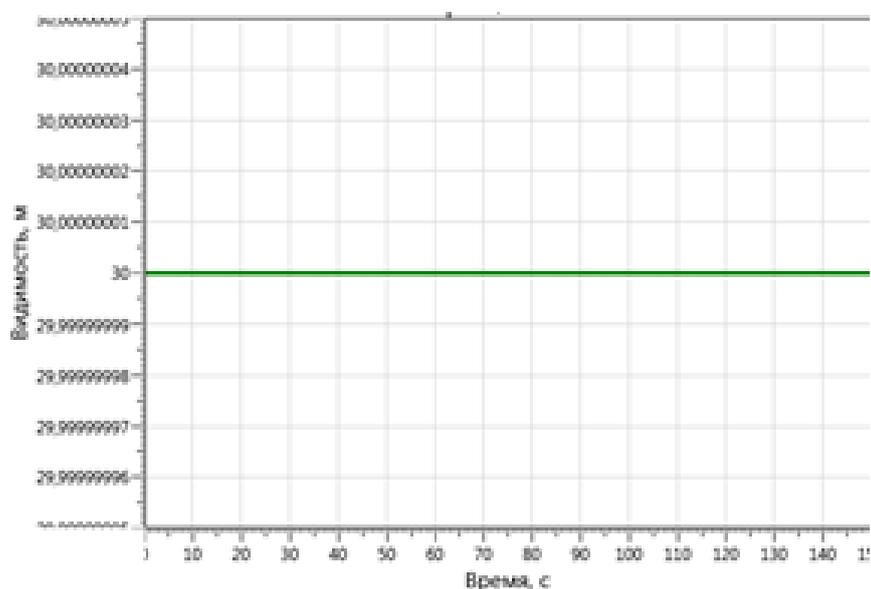


Рисунок Б.5 – Графики изменения видимости для регистратора «Дверь 8»
сценарий 1, план на отм. 0,000.

Продолжение Приложения Б

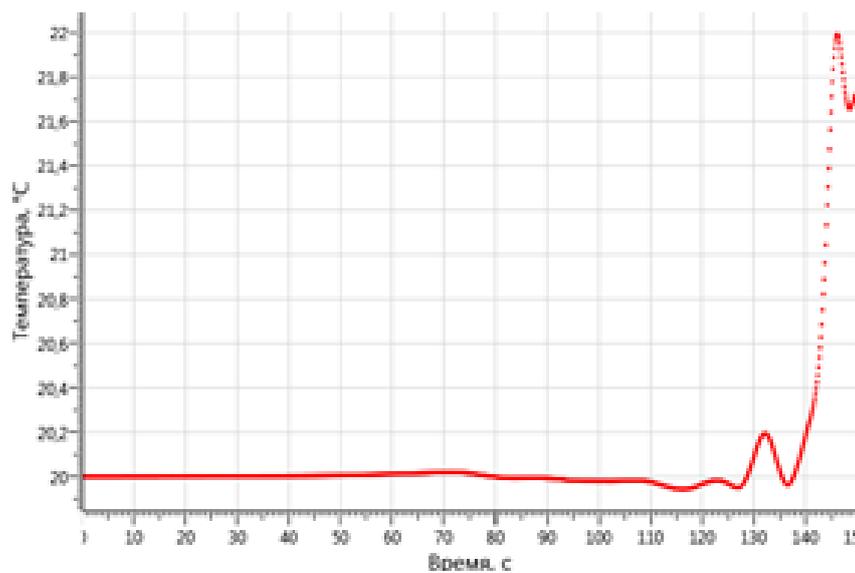


Рисунок Б.6 – Графики изменения температуры для регистратора «Дверь 8» сценарий 1, план на отм. 0,000.

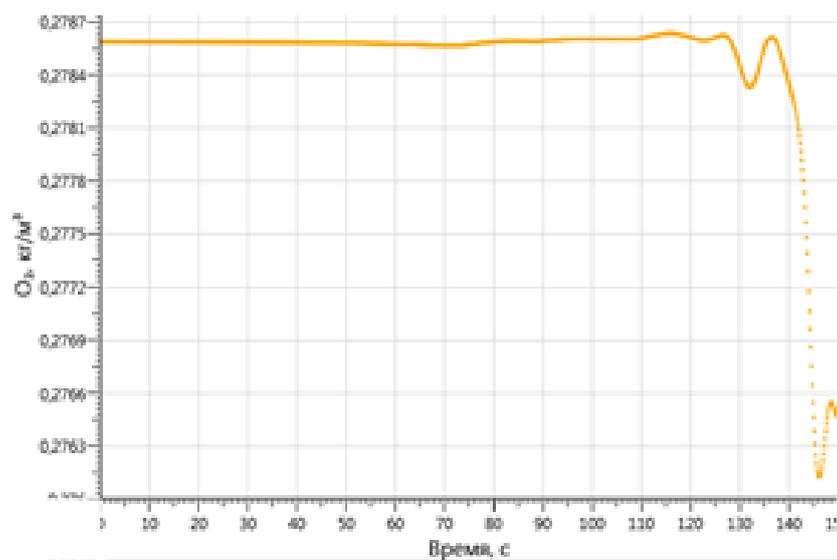


Рисунок Б.7 – График изменения содержания кислорода для регистратора «Дверь 8» сценарий 1, план на отм. 0,000

Продолжение Приложения Б

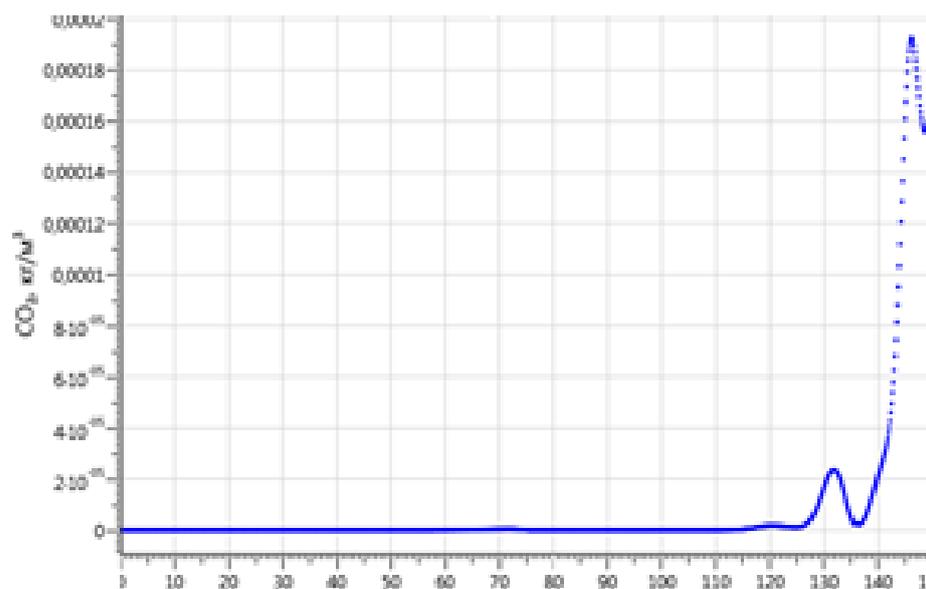


Рисунок Б.8 – График изменения содержания кислорода для регистратора «Дверь 8» сценарий 1, план на отм. 0,000