

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)

Департамент магистратуры

(наименование кафедры, центра, департамента)

20.04.01 «Техносферная безопасность».

(код и наименование направления подготовки, специальности)

Управление пожарной безопасностью.

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Управление пожарными рисками на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт» на примере базы хранения нефтепродуктов

Студент

Виталия Павловича Кечина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

руководитель

к.т.н., доцент Рашоян Ирина Игоревна

(И.О. Фамилия)

Тольятти 2021

## Содержание

Введение.....	4
Термины и определения.....	8
Перечень обозначений и сокращений.....	10
1 Порядок определения пожарного риска на Оренбургской базе хранения нефтепродуктов ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт».....	11
1.1 Анализ исходных данных Оренбургской базы хранения нефтепродуктов ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт» (далее объект), для определения его пожарной опасности.....	11
1.2 Определение пожарного риска на объекте.....	18
1.3 Определение частоты реализации пожарной ситуации на объекте.....	28
1.4 Построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития.....	29
1.5 Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей, для различных сценариев его развития.....	36
1.6 Анализ наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий на объекте.....	39
2 Управление пожарными рисками на объекте.....	45
2.1 Анализ систем контроля и обеспечения пожарной безопасности объекта.....	45
2.2 Система управления пожарными рисками.....	49
2.3 Внедрение новых технических методов (оборудования) систем контроля и обеспечения пожарной безопасности объекта на основе инновационных решений.....	50
3 Расчет величин пожарного риска на объекте.....	54
3.1. Расчет величины пожарного риска в зданиях и на территории нефтебазы.....	54
3.2 Расчет времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.....	55

3.3 Потенциальный пожарный риск на территории объекта	
и в селитебной зоне вблизи объекта.....	74
Заключение.....	86
Список используемых источников.....	89

## Введение

В современных условиях деятельности, базы хранения нефтепродуктов используют большое количество горючих и взрывоопасных материалов.

При горении нефтепродуктов, где проявляются пожароопасные свойства (мощное тепловое излучение, взрывы ТВС), приводит к сложному и длительному процессу тушения пожара.

Углубленное изучение характерных пожароопасных ситуаций на базах хранения нефтепродуктов, является наиболее рациональным направлением в разработке эффективной пожаровзрывозащиты.

**Актуальность и научная значимость** настоящего исследования по теме, состоит в изучении обеспечения пожарной безопасности объекта, которая является одной из важнейших функций противопожарного режима.

При детальном анализе аварий на базах хранения нефтепродуктов видно, что при взрывах больших объемов парогазовых выбросов, часто происходит гибель людей от ОФП, разрушению подвергаются не только здания и сооружения находящиеся на территории баз хранения нефтепродуктов, но и близлежащих производственных и жилых массивов.

Основным направлением по совершенствованию управления пожарными рисками, является разработка мероприятий, на основе моделирования и расчетов пожарных рисков.

**Объектом исследования** является процесс управления пожарными рисками.

Исследование проводилось на примере нефтебазы Оренбург ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт», расположенная по адресу: 460027. г. Оренбург, ул. Донгузская, 68а,

**Предметом исследования** являются:

- анализ исходных данных Оренбургской базы хранения нефтепродуктов для определения её пожарной опасности;

- результаты обследования действующей системы противопожарной защиты базы хранения нефтепродуктов;
- исследование методов применения УАПТ и разработка инновационных мероприятий для обеспечения пожарной безопасности базы хранения нефтепродуктов;
- исследование методов системы управления пожарными рисками на базе хранения нефтепродуктов.

**Целью исследования** является разработка механизма управления пожарным риском на объектах нефтеперерабатывающей отрасли на основе моделирования анализа пожароопасной ситуации на нефтебазе.

**Гипотеза исследования** состоит в том, что моделирование пожароопасных ситуаций для управления пожарным риском – это один из основных путей по обеспечению безопасности который позволяет:

- обосновать оптимальные инновационные решения, призванные эффективно реализоваться в области обеспечения пожарной безопасности на базах хранения нефтепродуктов;
- обеспечить при воздействии ОФП оптимальные условия, при которых исключается гибель людей и уменьшаются экономические потери от пожара.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- составить характеристики объекта защиты с определением защитных мер по пожарной безопасности;
- провести моделирование пожарной ситуации на базе хранения нефтепродуктов, с подготовкой расчета пожарного риска ;
- анализ расчетных методов пожарного риска, прогноз пожаров и управление пожарными рисками;
- определить основные закономерности, факторы возникновения и развитие пожаров на базе хранения нефтепродуктов;
- разработать мероприятия по снижению пожарного риска на базе хранения нефтепродуктов.

**Теоретико-методологическую** основу исследования составили, статистические данные о пожарах на базах хранения нефтепродуктов, произошедших в России за последние 3 года, информационные источники периодических научно-технических изданий, научные монографии, учебная литература, законодательные, нормативно правовые акты Российской Федерации в области пожарной безопасности, пожарной тактики, техническая документация.

**Базовыми для настоящего исследования** являются также проектная документация на базу хранения нефтепродуктов, документация на установки и технологическое оборудование.

**Методы исследования:** моделирование пожароопасных ситуаций, опасных факторов пожара и процесса эвакуации людей.

**Опытно-экспериментальная база исследования** состоит из сети баз хранения нефтепродуктов ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт», функционирующих на территории Уральского региона.

**Научная новизна исследования** заключается:

- в обосновании и разработке новых решений по тушению пожаров и эвакуации людей с территории базы хранения нефтепродуктов;
- в изучении и внедрении инновационных, перспективных систем, для предотвращения и ликвидации пожароопасных ситуаций на территории базы хранения нефтепродуктов.

Вышеобозначенные мероприятия предполагают повышение уровня пожарной безопасности на базах хранения нефтепродуктов, потенциальное снижение числа погибших и пострадавших на пожаре и уменьшение материального ущерба от пожаров.

**Теоретическая значимость** исследования заключается в разработанных инновационных и перспективных инженерных решениях, обеспечивающих высокую эффективность противопожарной системы базы хранения нефтепродуктов.

**Практическая значимость** исследования заключается в возможности дальнейшего использования результатов диссертационного исследования при проектировании и строительстве современных баз хранения нефтепродуктов.

**Достоверность и обоснованность** результатов исследования обеспечивались использованием сертифицированного измерительного оборудования, а также результатами экспериментальной проверки.

**Личное участие автора** в организации и проведении исследования состоит в проведении анализа проектной документации и разработке мероприятий по обеспечению пожарной безопасности для Оренбургской базы хранения нефтепродуктов.

**Апробация и внедрение результатов работы** велись в течении всего исследования. Его результаты докладывались на различных мероприятиях. Итогом исследования стала также разработка экспертного заключения с проведением расчетов пожарного риска с предложением и установкой на объектах баз хранения нефтепродуктов инновационных, современных систем пожаротушения.

**На защиту выносятся:**

- результаты анализа нормативных требований пожарной безопасности к базам хранения нефтепродуктов;
- результаты моделирования эвакуации людей и техники с территории Оренбургской базы хранения нефтепродуктов;
- методы повышения эффективности обеспечения пожарной безопасности на Оренбургской базе хранения нефтепродуктов;
- результаты управления пожарным риском на основе разработанных инновационных инженерно-технических и организационных мероприятий.

**Структура магистерской диссертации** состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 31 рисунок, 23 таблицы, список используемой литературы (33 источника). Основной текст работы изложен на 92 страницах.

## Термины и определения

В диссертации используются следующие термины с соответствующими определениями:

Авария- разрушение зданий и/или технических устройств, применяемых на производственном объекте, с выбросом горючих веществ.

Иницилирующее событие - событие, приводящее к возникновению аварии по времени возникновения.

Пожароопасная аварийная ситуация - ситуация, связанная с возникновением аварии, характеризующейся возможностью ее дальнейшего развития с переходом в пожар;

Потенциальный пожарный риск - частота реализации опасных факторов пожара в рассматриваемой точке территории;

Сценарий пожара - модель последовательности событий с определенной зоной воздействия опасных факторов пожара (взрыва ТВС) на людей, здания, и сооружения;



## Перечень обозначений и сокращений

НИР - научно-исследовательская работа;

ОТВ - огнетушащие вещества;

ТСПЗ - технические средства противопожарной защиты;

АУПТ - автоматическая установка пожаротушения;

СПС - система пожарной сигнализации;

СОУЭ - система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре;

ОФП - опасные факторы пожара;

ГЖ - горючая жидкость;

ГПОВ- газопорошковое огнетушащее вещество;

СПП- самовспенивающаясягазоаэрозоленеполненная пена;

ЛВЖ- легковоспламеняющаяся горючая жидкость;

РФ - Российская Федерация;

СП - Свод правил.

# **1 Порядок определения пожарного риска на Оренбургской базе хранения нефтепродуктов ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт»**

## **1.1 Анализ исходных данных Оренбургской базы хранения нефтепродуктов ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт» (далее объект), для определения его пожарной опасности**

Нефтебаза Оренбург «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт», расположенная по адресу: 460027. г. Оренбург, ул. Донгузская, 68а, предназначена для приема, хранения и отпуска жидкого моторного топлива (далее - объект защиты).

Объект защиты состоит из здания операторной, здание АБК, здания проходной, тарный склад ГСМ, склад запорной арматуры, электрощитовая, вентиляционная камера, железнодорожных и автомобильных эстакад для слива ГСМ, пункт налива автоцистерн с навесами, площадка для АЦ – 4, комплектная ТП 2БКТП-250/10/0,4 кВа, насосная станция ЖМТ под навесом, четырех надземных резервуара для топлива, общей вместимостью 4000,0 куб.м., для автобензина: 3000 м.куб.:

- бензин неэтилированный марки АИ-92-К5 - 1000 м<sup>3</sup>
- бензин неэтилированный марки АИ-95-К5 - 1000 м<sup>3</sup>
- резервное топливо (бензин) - 1000 м<sup>3</sup>

Для дизельного топлива: топливо дизельное ЭКТО Diesel -1000 м<sup>3</sup>

Подземные емкости для аварийного слива ЖМТ V=50 м<sup>3</sup>- 2 шт., V=100 м<sup>3</sup>- 1 шт., подземных (надземных) разводов топливопровода, очистных сооружений, навесов, площадки для контейнеров с мусором.

Площадь участка – 36113 м<sup>2</sup>

Площадь застройки – 5985,34 м<sup>2</sup>

Численность одновременно находящихся человек –17.

Режим работы– круглосуточно.

Территория Оренбургской базы хранения нефтепродуктов показана на рисунках 1, 2.



Рисунок 1 - Территория Оренбургской базы хранения нефтепродуктов



Рисунок 2 - Территория Оренбургской базы хранения нефтепродуктов

Сведения о резервуарных емкостях приведены в таблице 1

Таблица 1-Сведения о резервуарных емкостях

Номер резервуара	Хранимый продукт	Характер установки	вместимость м <sup>3</sup>	Год выпуска
1	топливо дизельное Экто Diesel	Наземный вертикальный	1000	2005
2	резервное топливо (бензин)	Наземный вертикальный с понтоном	1000	2005
3	Автомобильный бензин Премиум-95	Наземный вертикальный с понтоном	1000	2016
4	Автомобильный бензин Регуляр-92	Наземный вертикальный с понтоном	1000	2016

Резервуарный парк показан на рисунке 3



Рисунок 3 - Резервуарный парк

На основании требований таблицы №21 ФЗ №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [28] пределы

огнестойкости строительных конструкций здания операторной, здание АБК, здания проходной, соответствуют 2-й степени огнестойкости.

Класс пожарной опасности строительных конструкции – С0 принят в соответствии с требованиями таблицы №22 ФЗ №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»[28].

В соответствии со ст. 32 ФЗ №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [28] объект защиты относится к классу функциональной пожарной опасности Ф5.

Минимальные расстояния между зданиями и сооружениями соответствуют требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, за исключением:

- расстояние от складов нефтебазы до зданий и сооружений соседних предприятий не соответствуют требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- расстояние от наземных резервуаров для нефти и нефтепродуктов до площадки налива автомобильных цистерн не соответствуют требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- расстояние от наземных резервуаров для нефти и нефтепродуктов до края проезжей части внутренних дорог и проездов не соответствуют требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- расстояние от сливноналивных устройств для железнодорожных и автомобильных цистерн до продуктовой насосной станции (технологической площадки для узлов и задвижек насосной станции) не соответствуют требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Проезд пожарной техники предусмотрен в соответствии с требованиями СП 4.13130.2013.

На территорию базы хранения нефтепродуктов предусмотрен отдельный въезд и выезд.

Наружное пожаротушение предусмотрено от подземных резервуаров противопожарного запаса воды  $V=900\text{м}^3$  связанные в «мокрый колодец», и отдельно стоящие подземные резервуары противопожарного запаса воды

V=100м<sup>3</sup> расположенных в границах нефтебазы.

Время прибытия пожарных подразделений соответствует требованиям ст. 76 ФЗ-123 [28].

Из здания АБК предусмотрено устройство двух эвакуационных выходов непосредственно наружу, что соответствует требованиям СП.1.13130.2020.

Ширина и высота эвакуационных выходов соответствуют требованиям СП.1.13130.2020.

Ширина и высота путей эвакуации соответствуют требованиям СП.1.13130.2020, за исключением:

- ширина лестничной площадки менее ширины марша (лестница со второго этажа административно-бытовых помещений);

- при высоте лестницы более 45 см ограждения выполнены высотой менее 1,2 м. (лестница со второго этажа административно-бытовых помещений).

Все материалы для отделки остальных путей эвакуации соответствуют требованиям ФЗ-123[27].

Для снабжения электроэнергией предусматривается два источника питания:

- подстанция «Промбаза», ТП-2364 – 2. секция шин 10 кВ. ячейка № 2. (основной источник) до ТП – 2384

- подстанция «Промбаза», ТП-2364 -1 секция шин 10 кВ. ячейка № 2. (резервный источник) до ТП – 2384.

Наименование высоковольтное оборудования приведено в таблице 2

Таблица 2 -Высоковольтное оборудование

Наименование электропотребителя	Установленная мощность, кВт	Примечание
Оборудование технологическое		
1. Насос № 1, 1СВН-80-Л-У2 (резервный)	11 кВт	Насосная
2. Насос № 2, К'МН 125-100-160 (ДТ)	18 кВт	Насосная
3. Насос № 3. КМ 11 125-100-160 (95)	18 кВт	Насосная
4, Насос № 4, КМН 125-100-160(92)	22 кВт	Насосная
5. Насос № 5, 1СЦЛ20-24Г (Бензин)	18 кВт	Узел слива
6. Насос №6,1 СЦЛ20-24Г (ДТ)	18 кВт	Узел слива
7. Насос №7. КМС 100-80-180Е (АСН №1)	15 кВт	Узел налива
8. Насос № 8, КМС 100-80-180Е (АСН №2)	15 кВт	Узел налива

Продолжение таблицы 2

9. Насос №9. КМ 100-80-170Е (АСН №3)	11 кВт	Узел налива
10. Насос № 9, КМ 100-80-170Е (АСН №4)	11 кВт	Узел налива
11. Установка насосная дозаторная 48/2.5 (УНЛ 48/2.5)	3 кВт	-
12. Электродвигатель (РВС)	2,96 кВт	-
13. Электродвигатель (АСН)	4,44 кВт	-
14. Электродвигатель (Насосная)	2,96 кВт	-
Оборудование вспомогательное		
1. Лебедка ГЛ-8Б	3,2 кВт	-
2. Насос пожарного слива	0,18 кВт	-
3. Насос очистных сооружений	0,36 кВт	-
4. Греющий пол в помещении насосной	1,08 кВт	-
Освещение наружное		
1. Освещение навеса АС11-Н 1-70N1	0,63 кВт	-
2. Освещение насосной ЖМТ - ЖСП47-70	0,28 кВт	-
3. Освещение территории - СДО-3, 150 Вт	3,9 кВт	-
Отопление		
1. Электрокотел Proterm	9 кВт	-
2. Тепловентиляторы КЗВ-151Т5W3	0,84 кВт	Склад ГСМ
Прочие		
1. Сплит-система операторной - 2 шт.	1,6 кВт	-
2. Приточный вентилятор VCP80-50-4D	9,6 кВт	Склад ГСМ
3. Вытяжной вентилятор ВКР	0,5 кВт	-

Источники получения тепла (краткая характеристика, точка подключения): от теплотрассы Ду 219 ООО «СервисЭнергоГаз» по трубе  $\varnothing$  76 мм протяженность теплотрассы до узла учета тепловой энергии - 150 м, договор 349-03.01/28А/ОН207314 от 25.07.2014 г. [24].

Наименование теплоносителя: горячая вода.

Источники водоснабжения от водовода диаметром 200мм. ООО «Универсальные технологии нефтегазоотдачи» водовод диаметром 100мм. протяженностью 53 м, договор № 3-В/14UN-15474S-12 от 29.12.2014 года [27].

Сбор и отвод загрязненных нефтепродуктами атмосферных осадков с площадки нефтебазы (с расходом 81,6 л/с) осуществляется через дождевые приемные решетки и колодцы, установленные на площадке нефтебазы, отводятся на локальные очистные сооружения EuroPek ROO NS 150 сетью К2. Затем стоки поступают в накопительную емкость (100 м<sup>3</sup>). Опорожнение накопительной емкости производится погружным насосом серии «Гном»

марки 16-16, 220В, в комплекте с опускным устройством и автоматикой отключения и включения.

Производственная канализация: сбор и отвод пролитых нефтепродуктов в зоне слива из емкостей железнодорожного состава, насосной станции, осуществляется сетью КЗ, от лотков железнодорожной эстакады и дренажной системой насосной, через распределительный колодец в горизонтальный стальной резервуар (РГС) №3 аварийных проливов.

Противопожарные стоки: собираются сетью К. «2» через распределительный колодец в 6 резервуаров противопожарных стоков, общей емкостью 310 м<sup>3</sup>. Опорожнение резервуаров для противопожарных стоков производится спецтехникой с вывозом на очистные сооружения по договору.

Хозяйственно-бытовая канализация: водонепроницаемый выгреб.

Очистные сооружения, краткая характеристика.

Нефтемаслоотделитель EuroPek R.00 NS150 служит для очистки дождевых и производственных сточных вод, от механических примесей, агрегативной взвеси и растворенных нефтепродуктов.

Максимальная производительность: 150 л/с.

Рабочий объем: 55500 литров.

Количество коалесцентных модулей - 12 шт.

Объем отделившихся нефтепродуктов: 3520 литров.

Вентиляция здания операторной:

- естественная, приток и вытяжка предусмотрена через фрамуги окон и дверные проемы;
- из электрощитовой вытяжка через асбестоцементную трубу, выведенная выше кровли;
- две сплит-системы настенного типа для кондиционирования воздуха в летний период.

Вентиляция второго этажа здания АБК:

- естественная, приток и вытяжка предусмотрена через фрамуги окон и дверные проемы;



- сплит-системы настенного типа для кондиционирования воздуха.

Наименование вентиляционных установок приведены в таблице 3,4

Таблица 3 - Вентиляционные установки

Наименование вентустановки	Место установки	Назначение	Производительность м <sup>3</sup> /час	Примечание
VCP 80-50-4D	Венткамера тарного склада	приточная	8113,0	Мощность - 3,8 кВт, Обороты- 1380об/мин
VCP 80-50-4D	Венткамера тарного склада	приточная	8112,5	Мощность - 3,8 кВт, Обороты- 1380об/мин
ВКР-4,0	Кровля тарного склада	вытяжная	3200	Мощность - 0,37 кВт, Обороты -1000 об/мин

Таблица 4 - Вентиляция первого этажа здания АБК

Наименование вентустановки (вентилятора), тип, марка, количество	Место установки	Назначение (приточная, приточно-вытяжная, вытяжная)	Производительность м.куб./час	Примечание
FVK-355	Первый этаж здания АБК	вытяжная	2400	Мощность - 0,29 кВт, Обороты - 1320 об/мин

Вентиляция тарного склада ГСМ- технические характеристики: кратность обмена воздуха - не менее 5 (что составляет 16000 м<sup>3</sup> куб.).

## 1.2 Определение пожарного риска на объекте

Необходимость определения расчета пожарного риска обусловлена наличием на нефтебазе нарушений требований нормативных документов по пожарной безопасности, а именно:

- расстояние от помещений складов нефтебазы, до зданий и сооружений предприятий расположенных в селитебной зоне, не соответствуют требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- расстояние от наземных резервуаров для нефти и нефтепродуктов до площадки налива автомобильных цистерн не соответствуют требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- расстояние от наземных резервуаров для нефти и нефтепродуктов до края проезжей части внутренних дорог и проездов не соответствуют требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;

- расстояние от сливноналивных устройств, для железнодорожных и автомобильных цистерн, до технологической площадки для узлов и задвижек насосной станции;

- ширина лестничной площадки менее ширины марша (лестница со второго этажа административно-бытовых помещений);

- при высоте лестницы более 45 см ограждения выполнены высотой менее 1,2 м (лестница со второго этажа административно-бытовых помещений);

- отсутствие системы пожаротушения резервурного парка на основе инновационных решений;

- в нарушение СП 155.13130.2014 ограждение нефтебазы по периметру выполнено из не продуваемых бетонных плит.

Определение пожарного риска являются количественной мерой возможности реализации пожарной опасности объекта и его последствий для людей.

Количественной мерой возможности реализации пожарной опасности объекта является риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара, в том числе:

- риск гибели работника объекта;

- риск гибели людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта.

Риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара на объекте характеризуется числовыми значениями индивидуального и социального пожарных рисков.

Предварительный расчет пожарного риска, при существующих нарушениях в области пожарной безопасности на объекте показал, что числовые значения индивидуального и социального пожарных рисков не соответствуют нормативным значениям.

### **1.2.1 Анализ технологического оборудования на объекте с определением перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса**

Анализ пожарной опасности технологической среды и параметров технологических процессов на объекте [4].

Показатели пожарной опасности веществ и материалов, обращающихся в технологическом процессе.

Основные пожароопасные вещества и материалы, обращающиеся в технологическом процессе, их физико-химические и пожароопасные свойства определены ГОСТ Р12.3.047-98 [4].

Параметры технологических процессов

Класс загроможденности пространства 3.

Технологическое оборудование с горючими и легковоспламеняющимися жидкостями показаны на рисунке 4.

Технологический трубопровод от железнодорожных сливо-наливных сооружений до насосной станции:

- технологический трубопровод №1: Ду-150мм, протяженность -1,343 м;
- технологический трубопровод №2: Ду-150мм, протяженность - 1,5 м;
- технологический трубопровод №3: Ду-150мм, протяженность -1,343 м;
- технологический трубопровод №4: Ду-150мм, протяженность -1,343 м;
- технологический трубопровод №5: Ду-150мм, протяженность -1,343 м;
- технологический трубопровод №6: Ду-150мм, протяженность -54,72 м, Ду-80мм, протяженность - 2,66 м;
- технологический трубопровод №7: Ду-150мм, протяженность -19,45 м;
- технологический трубопровод №8: Ду-150мм, протяженность -14,74 м, Ду-100мм, протяженность - 0,3 м;
- технологический трубопровод №9: Ду-150мм, протяженность -

- 13,752м, Ду-80мм, протяженность - 0,67м;
- технологический трубопровод №20: Ду-150мм, протяженность - 54,66
  - технологический трубопровод №23: Ду-150мм, протяженность 1,2 м, Ду-100мм, протяженность - 15,7 м.

Технологические трубопроводы показаны на рисунке 4

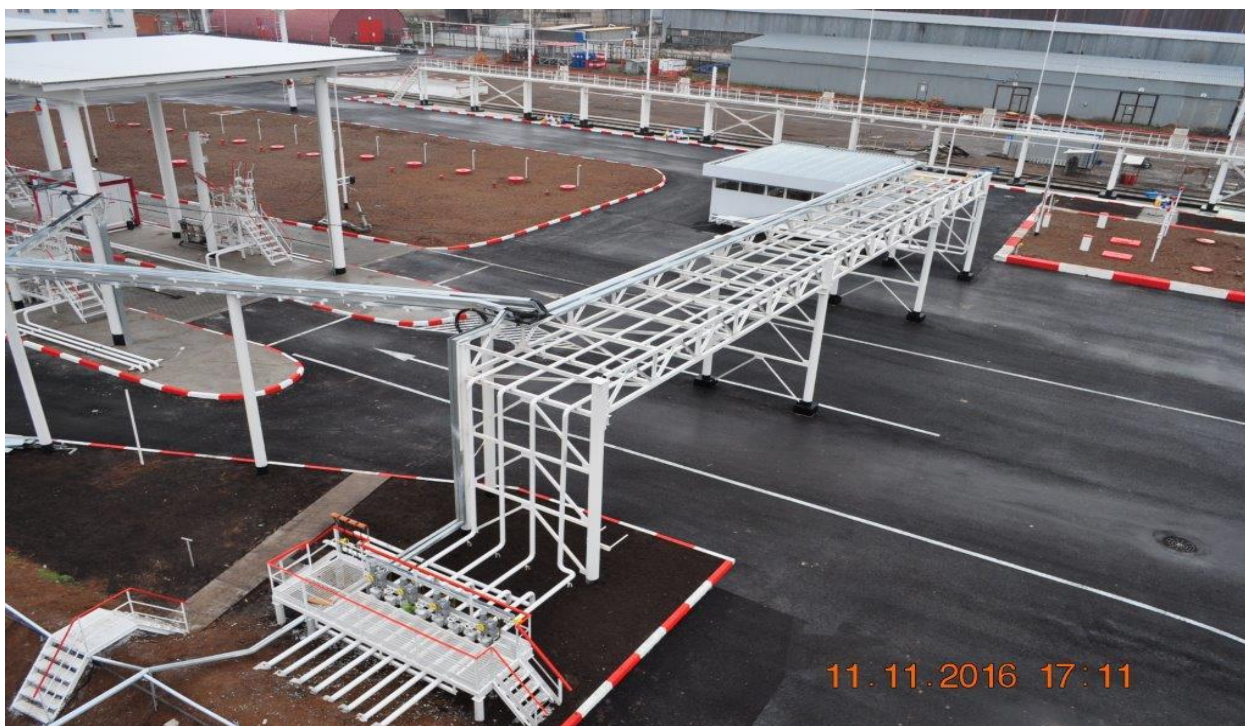


Рисунок 4 - Технологические трубопроводы

Устройства для нижнего слива нефти и нефтепродуктов из железнодорожных вагон-цистерн УСН-150-04-У - 5 шт.:

- УСН-150-04-У №1, зав.№736, дата изготовления июль 2013 года;
- УСН-150-04-У №2, зав.№727, дата изготовления июль 2013 года;
- УСН-150-04-У №3, зав.№746, дата изготовления июль 2013 года;
- УСН-150-04-У №4, зав.№729, дата изготовления июль 2013 года;
- УСН-150-04-У №5, зав.№845, дата изготовления декабрь 2013 года;
- Стояк верхнего слива топлива из ж/д цистерн УНЖ6-100С -1 шт.;
- Установка переносная для верхнего слива нефти и нефтепродуктов У ПС В-80 - 1 шт. зав.№ 55.

Автоматизированная система налива НАРА-321 Н- 4 шт.:

Типы насосных агрегатов показаны в таблице 5

Таблица 5 - Насосные агрегаты

Номер агрегата	Тип и марка	Год установки (дата изготовления)	Производительность куб.м./час	Напор м	Перекачиваемый нефтепродукт	Мощность электродвигателя
Насосная						
Насос №1 (резерв)	одноступенчатый, горизонтальный насос 1СВН-80А.М-Л-У2, Зав.№91324				дизельное, ЭктоDisel	11,0
Насос №2	Насос центробежный горизонтальный, консольный, моноблочный, одноступенчатый для нефтепродуктов К VII1 125-100-160, Зав.№1005	2016 (09.11.2011)	160	30	ТОПЛИВО ДИЗЕЛЬНОЕ	18,5

Продолжение таблицы 5

Насос №3	1 Насос центробежный горизонтальный, консольный, моноблочный, одноступенчатый для нефтепродуктов КМН 125-100-160,	2016 (07.11.2011)	160	30	АИ-95-К5	
Насос №3	1 Насосцентробежныйгоризонтальный, консольный, моноблочный, одноступенчат	2016 (07.11.2011)	160	30	АИ-95-К5	18,5

	ый для нефтепродуктов КМН 125-100-160, Зав.№1004					
Насос №4	Насосцентробежный, горизонтальный, консольный, моноблочный, одноступенчатый для нефтепродуктов КМН 125-100-160, Зав.А"»814	2016 (30.04.2010)	160	30	АИ-92-К5	22,0
Насос №5	Самовсасывающий, центробежный, вихревой, двухступенчатый, горизонтальный 1 Ц. 120-241 Зав.№70810	2016 (16.05.2016)	32	54	Бензины	18,5
Автоматизированная система налива в АЦ						
Насос №6	Самовсасывающий, центробежно-вихревой,	2016 (16.05.2016)	32	54	Топливо дизельное	18,5

Продолжение таблицы 5

	двухступенчатый, горизонтальный 1СЦЛ20-24Г					
Насос №7 (АСН №1)	Консольный, моноблочный, самовсасывающий КМС 100-80-180Е, зав.№126	2009 (09.06.2006)	65	35	Премиум 95 Регуляр-92	15,0
Насос №8	Консольный моноблочный, самовсасывающий КМС 100-80-170Е, зав.№0007	2009 (11.08.2006)	65	35	Премиум 95 Регуляр-92	15,0
Насос №9 (АСН №3)	центробежный, консольный	2010 (17 04 2008)	100	32	Бензины	11,0

	моноблочный, одноступенчатый, горизонтальный КМ 100-80-170Е Зав.№0279					
Насос №10 (АСН №4)	центробежный, консольный, моноблочный, одноступенчатый, горизонтальный КМ 100-80-170Е Зав.№0266	2009 (16.04.2008)	100	32	ТОПЛИВО ДИЗЕЛЬНОЕ ЭКТО DISEL	11,0
Установка насосная дозирочная 48/2,5 (УНД 48/2,5)						
Насос №11 дозировочный	Агрегат электронасосный дозировочный, плунжерный НД 1,0Р. 63/25 К14В- УХЛЗ	2011 (26.09.2011)	0,06	2,5 МПа	НИТЕК	0,37
Насос №12 дозировочный	Агрегат электронасосный дозировочный, плунжерный НД 1,0Р. 63/25 К14В- УХЛЗ	2011 (26.09.2011)	0,06	2,5 МПа	НИТЕК	0,37

Сливное и наливное устройства показаны на рисунке 5,6

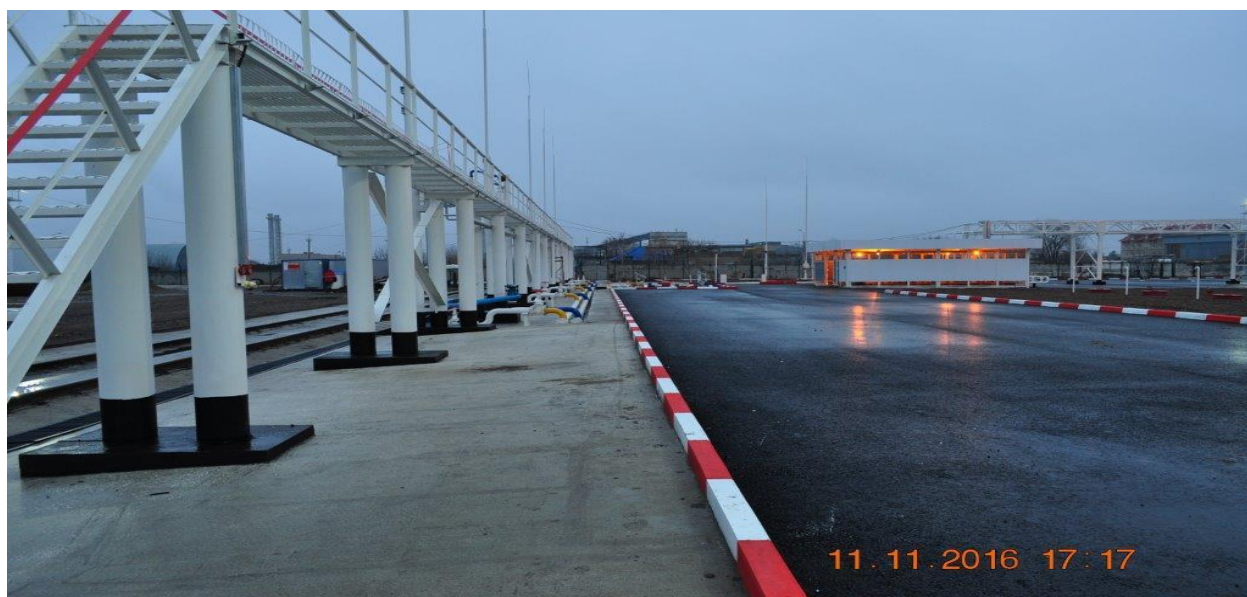


Рисунок 5 - Сливное устройство для ж/д цистерн



Рисунок 6 - Наливное устройство для автоцистерн

Для выявления пожароопасных ситуаций осуществлено деление технологического оборудования (технологических систем) на участки. Указанное деление выполнено, исходя из возможности отдельной герметизации этих участков при возникновении аварии. Рассмотрены пожароопасные ситуации, как на основном, так и вспомогательном технологическом оборудовании. Кроме этого, учтена также возможность возникновения пожара в зданиях, сооружениях и строениях (далее - здания) различного назначения, расположенных на территории объекта [4].

В перечне пожароопасных ситуаций применительно к каждому участку, технологической установке, зданию объекта выделены группы пожароопасных ситуаций, которым соответствуют одинаковые модели процессов возникновения и развития [4].



### **1.2.2 Определение перечня причин, возникновение которых позволяет характеризовать ситуацию как пожароопасную**

Определение для каждого технологического процесса перечня причин, возникновение которых позволяет характеризовать ситуацию как пожароопасную являются [27]:

- отказы (неполадки) оборудования;
- ошибочные действия персонала;
- внешние воздействия природного и техногенного характера.

Физический износ, механические повреждения или температурная деформация оборудования и трубопроводов может привести как к частичному, так и к полному разрушению оборудования или трубопроводов и возникновению аварийной ситуации любого масштаба [27].

Наиболее вероятными событиями, которые могут являться причинами пожароопасных ситуаций на объектах, считаются следующие события:

- выход параметров технологических процессов за критические значения, который вызван нарушением технологического регламента (например, перелив жидкости, разрушение оборудования вследствие превышения давления, появление источников зажигания в местах образования горючих газопаровоздушных смесей);

- разгерметизация технологического оборудования, вызванная механическим (влияние повышенного или пониженного давления), температурным (влияние повышенных или пониженных температур) и агрессивным химическим (влияние кислородной, сероводородной, электрохимической и биохимической коррозии) воздействиями;

- механическое повреждение оборудования в результате ошибок работника, падения предметов, некачественного проведения ремонтных и регламентных работ и т. п.

При определении пожароопасных ситуаций, осуществлено деление технологического оборудования на участки. Указанное деление выполнено, исходя из возможности отдельной герметизации этих участков при возникновении аварии [4, 27].

### **1.2.3 Построение сценариев возникновения и развития пожаров, влекущих за собой гибель людей**

Для определения возможных сценариев возникновения и развития пожаров используется метод логических деревьев событий [13, 14].

Метод логических деревьев событий позволяет определить развитие возможных пожароопасных ситуаций и пожаров, возникающих вследствие реализации инициирующих пожароопасную ситуацию событий.

Построение сценариев возникновения и развития пожаров учитывает следующие положения [32]:

- выбор пожароопасной ситуации, которая может повлечь за собой возникновение аварии с пожаром и дальнейшим его развитием;
- развитие пожароопасной ситуации и пожара рассматривается постадийно с учетом места ее возникновения на объекте, уровня потенциальной опасности каждой стадии и возможности ее локализации и ликвидации;
- переход с рассматриваемой стадии на новую, определяется возможностью, либо локализации пожароопасной ситуации или пожара на рассматриваемой стадии, либо развития пожара связанного с вовлечением расположенных рядом технологического оборудования, помещений, зданий и т.п. в результате влияния на них опасных факторов пожара, возникших на рассматриваемой стадии;
- для каждой стадии, устанавливается уровень ее опасности, характеризующийся возможностью перехода пожароопасной ситуации или пожара, на соседние с пожароопасным участки объекта.

В построенных сценариях возникновения и развития пожаров рассмотрены различные метеорологические условия.

### **1.3 Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций**

Сведения по частотам реализации инициирующих пожароопасные ситуации событий для оборудования объекта, частотам утечек из

технологических трубопроводов, а также частотам возникновения пожаров в зданиях принимались в соответствии с ГОСТ [4] и приведены в таблицах 6-7.

Таблица 6 - Частоты утечек из технологических трубопроводов

Диаметр трубопровода, мм	Частота утечек, ( $\text{м}^{-1} \times \text{год}^{-1}$ )				
	Малая (диаметр отверстия 12,5 мм)	Средняя (диаметр отверстия 25 мм)	Значительная (диаметр отверстия 50 мм)	Большая (диаметр отверстия 100 мм)	Разрыв
50	$5,7 \times 10^{-6}$	$2,4 \times 10^{-6}$	-	-	$1,4 \times 10^{-6}$
100	$2,8 \times 10^{-6}$	$1,2 \times 10^{-6}$	$4,7 \times 10^{-7}$	-	$2,4 \times 10^{-7}$
150	$1,9 \times 10^{-6}$	$7,9 \times 10^{-7}$	$3,1 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-7}$	$2,5 \times 10^{-8}$
250	$1,1 \times 10^{-6}$	$4,7 \times 10^{-7}$	$1,9 \times 10^{-7}$	$7,8 \times 10^{-8}$	$1,5 \times 10^{-8}$
600	$4,7 \times 10^{-7}$	$2,0 \times 10^{-7}$	$7,9 \times 10^{-8}$	$3,4 \times 10^{-8}$	$6,4 \times 10^{-9}$
900	$3,1 \times 10^{-7}$	$1,3 \times 10^{-7}$	$5,2 \times 10^{-8}$	$2,2 \times 10^{-8}$	$4,2 \times 10^{-9}$

Таблица 7 - Частоты возникновения пожаров для некоторых зданий

Наименование Объекта	Частота возникновения пожара, ( $\text{м}^{-2} \times \text{год}^{-1}$ )
1	2
Электростанции	$2,2 \times 10^{-5}$
Склады химической продукции	$1,2 \times 10^{-5}$
Склады многономенклатурной продукции	$9,0 \times 10^{-5}$
Инструментально-механические цеха	$0,6 \times 10^{-5}$
Цеха по обработке синтетического каучука и искусственных волокон	$2,7 \times 10^{-5}$
Литейные и плавильные цеха	$1,9 \times 10^{-5}$
Цеха по переработке мясных и рыбных продуктов	$1,5 \times 10^{-5}$
Цеха горячей прокатки металлов	$1,9 \times 10^{-5}$

Частота реализации сценариев, связанных с образованием огненного шара на емкостном оборудовании с ЛВЖ вследствие внешнего воздействия очага пожара, определяется на основе процедуры построения логических деревьев событий.

#### **1.4 Построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития**

При построении полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития учитывается [13, 33]:

- тепловое излучение при факельном горении, пожарах проливов горючих веществ на поверхность и огненных шарах;
- избыточное давление и импульс волны давления при сгорании газопаровоздушной смеси в открытом пространстве;
- избыточное давление и импульс волны давления при разрыве сосуда (резервуара) в результате воздействия на него очага пожара;
- избыточное давление при сгорании газопаровоздушной смеси в помещении;
- концентрация токсичных компонентов продуктов горения в помещении;
- снижение концентрации кислорода в воздухе помещения;
- задымление атмосферы помещения;
- среднеобъемная температура в помещении;
- осколки, образующиеся при взрывном разрушении элементов технологического оборудования;
- расширяющиеся продукты сгорания при реализации пожара-вспышки.

Оценка величин указанных факторов проводится на основе анализа физических явлений, протекающих при пожароопасных ситуациях, пожарах, взрывах. При этом рассматриваются процессы, возникающие при реализации пожароопасных ситуаций и пожаров или являющиеся их последствиями (в зависимости от типа оборудования и обращающихся на объекте горючих веществ):

- формирование зон загазованности
- сгорание газопаровоздушной смеси в открытом пространстве
- тепловое излучение от пожара пролива или огненного шара
- реализация пожара-вспышки
- образование и разлет осколков при разрушении элементов технологического оборудования
- образование газопаровоздушного облака (газы и пары тяжелее воздуха)

- образование газопаровоздушного облака (газы и пары тяжелее воздуха)
- сгорание газопаровоздушной смеси в технологическом оборудовании или помещении.

Зоны, ограничивающие область концентраций, превышающих нижний концентрационный предел распространения пламени (далее - НКПР) при неподвижной воздушной среде, определяется по формулам:

$$R_{НКПР} = 3,2 \cdot \left(\frac{T}{3600}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{P_H}{C_{НКПР}}\right)^{0,8} \cdot \left(\frac{m_{П}}{\rho_{П} \cdot P_H}\right)^{0,33} \quad (1)$$

$$Z_{НКПР} = 0,12 \cdot \left(\frac{T}{3600}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{P_H}{C_{НКПР}}\right)^{0,8} \cdot \left(\frac{m_{П}}{\rho_{П} \cdot P_H}\right)^{0,33} \quad (2)$$

где  $T$  - продолжительность поступления паров в открытое пространство, с;

- $P_H$  - давление насыщенных паров при расчетной температуре, кПа;
- $m_{П}$  - масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время испарения по п. 6 настоящего приложения, кг;
- $C_{НКПР}$  - нижний концентрационный предел распространения пламени паров, % об.
- $\rho_{П}$  - плотность паров ЛВЖ при расчетной температуре, кПа.

За начало отсчета горизонтального размера зоны принимаются внешние габаритные размеры пролива.

Методика количественной оценки параметров воздушных волн давления при сгорании газовойоздушного облака (далее – облако) распространяется на случаи выброса горючих газов в атмосферу.

Основными структурными элементами алгоритма расчетов являются:

- определение ожидаемого режима сгорания облака;
- расчет максимального избыточного давления и импульса фазы сжатия воздушных волн давления для различных режимов;
- определение дополнительных характеристик взрывной нагрузки;

- оценка поражающего воздействия.

Исходными данными для расчета параметров волн давления при сгорании облака являются:

- вид горючего вещества, содержащегося в облаке;
- концентрация горючего вещества в смеси  $C_r$ ;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества с воздухом  $C_{ст}$ ;
- масса горючего вещества, содержащегося в облаке  $M_T$ , с концентрацией между нижним и верхним концентрационным пределом распространения пламени. Допускается величину  $M_T$  принимать равной массе горючего вещества, содержащегося в облаке, с учетом коэффициента  $Z$  участия горючего вещества во взрыве. При отсутствии данных коэффициент  $Z$  может быть принят равным 0,1.

- удельная теплота сгорания горючего вещества  $E_{уд}$ ;
- скорость звука в воздухе  $C_0$  (обычно принимается равной 340 м/с);
- информация о степени загроможденности окружающего пространства;
- эффективный энергозапас горючей смеси  $E$ , который определяется по формуле:

$$E = \begin{cases} M_T \cdot E_{\gamma\Delta} , & C_r \leq C_{ст} \\ M_T \cdot E_{\gamma\Delta} \cdot \frac{C_{ст}}{C_r} , & C_r > C_{ст} \end{cases} \quad (3)$$

При расчете параметров сгорания облака, расположенного на поверхности земли, величина эффективного энергозапаса удваивается.

Интенсивность теплового излучения определяется методом расчета интенсивности теплового излучения от пожара пролива на поверхность, огненного шара, а также радиуса воздействия продуктов сгорания паровоздушного облака в случае пожара-вспышки [13, 14].

Интенсивность теплового излучения  $q$  (кВт/м<sup>2</sup>) для пожара пролива определена по формуле:

$$q = E_f \cdot F_g \cdot \tau , \quad (4)$$

где  $E_f$  - средняя поверхностная интенсивность теплового излучения пламени, кВт/м<sup>2</sup>;

$F_g$  - угловой коэффициент облученности;

$\tau$  - коэффициент пропускания атмосферы.

Значение  $E_f$  принимается на основе имеющихся экспериментальных данных. При отсутствии данных для нефтепродуктов значение  $E_f$  принимается равной 40 кВт/м<sup>2</sup> [13].

Угловой коэффициент облученности  $F_g$  определяется по формуле:

$$F_g = \sqrt{F_v^2 + F_H^2} \quad (5)$$

где  $F_v, F_H$  - факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно, которые определяются по формулам

$$a = \frac{2 \cdot L}{d} ; \quad (6)$$

$$b = \frac{2 \cdot X}{d} ; \quad (7)$$

$$A = \sqrt{(a^2 + (b + 1)^2 - 2 \cdot a \cdot (b + 1) \cdot \sin \theta} \quad (8)$$

$$B = \sqrt{(a^2 + (b - 1)^2 - 2 \cdot a \cdot (b - 1) \cdot \sin \theta} ; \quad (9)$$

$$C = \sqrt{(1 + (b^2 - 1) \cdot \cos^2 \theta)} ; \quad (10)$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{b-1}{b+1}\right)} ; \quad (11)$$

$$E = \frac{a \cdot \cos \theta}{b - a \cdot \sin \theta} ; \quad (12)$$

$$F = \sqrt{(b^2 - 1)} ; \quad (13)$$

где  $d$  - эффективный диаметр пролива, м;

$L$  - длина пламени, м.

$\theta$  - угол отклонения пламени от вертикали под действием ветра.

Эффективный диаметр пролива  $d$  (м) рассчитывается по формуле:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}}, \quad (14)$$

где  $F$  - площадь пролива,  $\text{м}^2$ .

Длина пламени  $L$  (м) определяется по формулам: при  $u_* \geq 1$

$$L = 55 \cdot d \cdot \left( \frac{m^1}{\rho_\alpha \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,67} \cdot u_*^{0,21}, \quad (15)$$

при  $u_* < 1$

$$L = 42 \cdot d \cdot \left( \frac{m^1}{\rho_\alpha \cdot \sqrt{g \cdot d}} \right)^{0,61}, \quad (16)$$

где  $m^1$  - удельная массовая скорость выгорания топлива,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ ;

$\rho_\alpha$  - плотность окружающего воздуха,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$\rho_\Pi$  - плотность насыщенных паров топлива при температуре кипения,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$w_0$  - скорость ветра,  $\text{м}/\text{с}$  (принимать по исходным данным);

$g$  - ускорение свободного падения ( $9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ ).

Угол отклонения пламени от вертикали  $\theta$  рассчитывается по формуле:

$$\cos \theta = \begin{cases} 1, & \text{при } u_* < 1 \\ u_*^{-0,5}, & \text{при } u_* \geq 1 \end{cases}, \quad (17)$$

Коэффициент пропускания атмосферы  $\tau$  для пожара пролива определяется по формуле:

$$\tau = \exp[-7 \cdot 10^{-4} \cdot (r - 0,5 \cdot d)] \quad , \quad (18)$$

Интенсивность теплового излучения  $q$  ( $\text{кВт}/\text{м}^2$ ) для огненного шара определяется по формуле (19).

$$F_g = \frac{D_s^2}{4 \cdot (H^2 + r^2)}, \quad (19)$$

где  $H$  - высота центра огненного шара,  $\text{м}$ ;

$D_s$  - эффективный диаметр огненного шара,  $\text{м}$ ;



$r$  - расстояние от облучаемого Объекта до точки на поверхности земли непосредственно под центром огненного шара, м.

Эффективный диаметр огненного шара  $D_S$  (м) определяется по формуле:

$$D_S = 6,48 \cdot m^{0,325} , \quad (20)$$

где  $m$  - масса продукта, поступившего в окружающее пространство, кг.

Величину  $H$  допускается принимать равной  $D_S/2$ .

Время существования огненного шара  $t_S$ (с) определяется по формуле:

$$t_S = 0,852m^{0,26} , \quad (21)$$

Коэффициент пропускания атмосферы  $\tau$  для огненного шара рассчитывается по формуле:

$$\tau = \exp \left[ -7,0 \cdot 10^{-4} \cdot \left( \frac{\sqrt{r^2 + H^2 - D_S}}{2} \right) \right] , \quad (22)$$

В случае образования паровоздушной смеси в незагроможденном технологическим оборудованием пространстве и его зажигании относительно слабым источником (например, искрой) сгорание этой смеси происходит, как правило, с небольшими видимыми скоростями пламени. При этом амплитуды волны давления малы и могут не приниматься во внимание при оценке поражающего воздействия. В этом случае реализуется так называемый пожар-вспышка, при котором зона поражения высокотемпературными продуктами сгорания паровоздушной смеси практически совпадает с максимальным размером облака продуктов сгорания (т.е. поражаются в основном объекты, попадающие в это облако).

Радиус воздействия высокотемпературных продуктов сгорания паровоздушного облака при пожаре-вспышке  $R_F$  определяется по формуле:

$$R_F = 1,2 \cdot R_{HKPF} , \quad (23)$$

где  $R_{HKPF}$  - горизонтальный размер взрывоопасной зоны.

Интенсивность испарения  $W$  (кг/(м<sup>2</sup>·с)) для жидкостей определяется по формуле:

$$W = 10^{-6} \cdot \eta \cdot \sqrt{M \cdot P_H}, \quad (24)$$

где  $\eta$  - коэффициент, принимаемый для помещений по таблице 8 в зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения. При проливе жидкости вне помещения  $\eta = 1$ ;

$M$  - молярная масса жидкости, кг/кмоль;

$P_H$  - давление насыщенного пара при расчетной температуре жидкости, кПа.

Таблица 8 - Значение коэффициента  $\eta$

Скорость воздушного потока, м/с	Значение коэффициента $\eta$ при температуре $t$ (°C) воздуха				
	10 <sup>0</sup>	15 <sup>0</sup>	20 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup>	35 <sup>0</sup>
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	3,0	2,6	2,4	1,8	1,6
0,2	4,6	3,8	3,5	2,4	2,3
0,5	6,6	5,7	5,4	3,6	3,2
1,0	10,0	8,7	7,7	5,6	4,6

При струйном истечении горючих жидкостей возникает опасность образования диффузионных факелов.

Ширина факела  $D_F$  (м) при струйном горении определяется по формуле:

$$D_F = 0,15 \cdot L_F, \quad (25)$$

Длина факела при струйном истечении горючих жидкостей определяется дальностью (высотой) струи жидкости.

## **1.5 Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития**

Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара, взрыва на людей, для различных сценариев их развития, осуществлялась на основе сопоставления информации о моделировании динамики опасных факторов пожара на территории объекта и прилегающей к нему территории, информации о критических для жизни и здоровья людей значениях опасных факторов пожара, взрыва. Для этого использовались критерии поражения людей опасными факторами пожара [13, 33].

При оценке пожарного риска [29] используются вероятностные и детерминированные критерии поражения людей опасными факторами пожара.

Детерминированные и вероятностные критерии оценки поражающего действия волны давления и теплового излучения на людей

На объектах наиболее опасными поражающими факторами пожара являются волна давления и расширяющиеся продукты сгорания при различных режимах сгорания газопаровоздушного облака, а также тепловое излучение пожаров.

Детерминированные критерии показывают значения параметров опасного фактора пожара, при которых наблюдается тот или иной уровень поражения людей.

Вероятностные критерии показывают, какова условная вероятность поражения людей при заданном значении опасного фактора пожара.

Ниже приведены некоторые критерии поражения людей перечисленными выше опасными факторами пожара.

Детерминированные критерии поражения людей, в том числе находящихся в здании, избыточным давлением при сгорании газоздушных смесей в помещениях или на открытом пространстве приведены в таблице 10.

В качестве вероятностного критерия поражения используется понятие пробит-функции. В общем случае пробит-функция  $Pr$  описывается формулой:

$$Pr = a + b \cdot \ln S, \quad (26)$$

где  $a, b$  - константы, зависящие от степени поражения и вида объекта;

$S$  - интенсивность воздействующего фактора.

Соотношения между величиной  $Pr$  и условной вероятностью поражения человека приведено в таблице 11.

Таблица 10 – Степень поражения от избыточного давления

Степень поражения	Избыточное давление, кПа
1	2
Полное разрушение зданий	100
50 %-ное разрушение зданий	53
Средние повреждения зданий	28
Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	12
Нижний порог повреждения человека волной давления	5
Малые повреждения (разбита часть остекления)	3

Таблица 11 - Соотношения между величиной  $Pr$  и условной вероятностью поражения человека

Условная вероятность поражения, %	Величина пробит-функции $Pr$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	-	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,87	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

При оценке условной вероятности поражения человека, находящегося в здании использовались пробит-функции, определяемые по формулам указанным в Методике.

#### Критерии поражения тепловым излучением

При анализе воздействия теплового излучения рассмотрены случаи импульсного и длительного воздействия. В первом случае критерием поражения является доза излучения  $D$ , во втором случае - критическая интенсивность теплового излучения  $q_{CR}$ .

Величины  $q_{CR}$  для различных степеней поражения человека приведены в таблице 12

Таблица 12 - Величина интенсивности теплового излучения для различных степеней поражения человека

Степень поражения	Интенсивность излучения, кВт/м <sup>2</sup>
Без негативных последствий в течение длительного времени	1,4
Безопасно для человека в брезентовой одежде	4,2
Непереносимая боль через 20-30 с Ожог 1 степени через 15-20 с Ожог 2 степени через 30-40 с	7,0
Непереносимая боль через 3-5 с Ожог 1 степени через 6-8 с Ожог 2 степени через 12-16 с	10,5

Для поражения человека тепловым излучением величина пробит-функции рассчитывается по формуле указанной в Методике.:

Условная вероятность поражения человека, попавшего в зону непосредственного воздействия пламени пожара пролива или факела, принята равной 1.

Для пожара-вспышки принято, что условная вероятность поражения человека, попавшего в зону воздействия высокотемпературными продуктами сгорания газопаровоздушного облака, равна 1, за пределами этой зоны условная вероятность поражения человека принимается равной 0.

## **1.6 Анализ наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий**

При анализе влияния систем обеспечения пожарной безопасности зданий на расчетные величины пожарного риска, определен комплекс мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта.

При этом рассматривались следующие мероприятия по обеспечению пожарной безопасности:

- мероприятия, направленные на предотвращение пожара;
- мероприятия по противопожарной защите;
- организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Системы противопожарной защиты зданий, сооружений и строений на территории базы хранения нефтепродуктов, обеспечивают возможность эвакуации людей в безопасную зону до наступления предельно допустимых значений ОФП [20, 29].

С целью сокращения времени обнаружения очага возгорания, в административно-бытовом корпусе, операторной и складах для хранения ЛВЖ и ГЖ на площадках сливо-наливных устройств, установлены автоматические установки пожарной сигнализации. Предусмотрено применение приёмно-контрольного, охранно-пожарного прибора «Тандем-2М», который установлен в административно-бытовом корпусе, в зоне работы оператора, для сбора и обработки информации, поступающей от пожарных извещателей [22, 29].

На путях эвакуации, над эвакуационными выходами из помещений, установлены световые оповещатели «ВЫХОД» типа «КОП-25П». Световые оповещатели выполнены с внутренним электрическим освещением с питанием от 12 вольт, от блока питания прибора приемно-контрольного «Тандем-2М». В пожароопасных помещениях установлены дымовые

пожарные извещатели типа ИП212-45, возле выходов – ручные типа «ИПР-ЗСУ» [22].

Горизонтальные и вертикальные каналы для прокладки электрокабелей и проводов в зданиях и помещениях, имеют защиту от распространения пожара.

В местах прохождения кабельных каналов, коробов, кабелей и проводов через строительные конструкции с нормируемым пределом огнестойкости предусмотрены кабельные проходки с пределом огнестойкости не ниже предела огнестойкости данных конструкций.

Шлейф пожарной сигнализации выполнен телефонным шнуром ШТЛ-2, который проложен в кабель канале. Система оповещения о пожаре реализуется посредством установки на базе хранения нефтепродуктов звуковых и световых пожарных оповещателей с учетом требований СП 3.13130.2020. Также установлен блок речевого оповещения «Орфей исп.2» [22].

При срабатывании двух и более пожарных извещателей, на защищаемом объекте, происходит формирование режима «Пожар».

Сотрудниками нефтебазы, согласно инструкции, производится периодический контроль загазованности территории переносным газоанализатором Колион-1В-02 и непрерывный автоматический контроль концентрации паров топлива с помощью датчиков-сигнализаторов СТМ-10 в колодцах резервуаров.

Для закрытия клапанов на сливном трубопроводе при заполнении резервуара ЖМТ на 95% от его внутреннего геометрического объема и при отсутствии заземления автоцистерны имеется пульт управления клапанами МС-4Э. Для надежного бесперебойного электроснабжения активного оборудования в телекоммуникационном щите установлен источник бесперебойного питания (ИБП).

По надежности электроснабжения электроприемники, приборы пожарной и охранной сигнализации, видеонаблюдение относятся к I категории электроснабжения, остальные потребители относятся к III

категории. В рабочем режиме электроснабжение электроприемников предусмотрено от вводно-распределительного устройства (ВРУ), расположенного в техническом помещении операторной и запитанного от источников электроснабжения.

По территории нефтебазы установлены пожарные щиты. Пожарные щиты комплектуются первичными средствами пожаротушения, немеханизированным пожарным инструментом в зависимости от класса пожара.

Схема расположение первичных средств пожаротушения приведены в графической части на схеме эвакуации с территории нефтебазы.

Наружное пожаротушение нефтебазы объемом до 10 000 м. куб, предусматривает наличие противопожарного водоёма

Организационно-технические мероприятия включают:

- организацию пожарной охраны в соответствии с действующим законодательством;
- привлечение пожарно-технических средств обеспечения пожарной безопасности;
- организацию обучения работающих правилам пожарной безопасности в порядке, установленном правилами пожарной безопасности;
- разработку и реализацию норм и правил пожарной безопасности, инструкций о порядке обращения с пожароопасными веществами и материалами, о соблюдении противопожарного режима и действиях людей при возникновении пожара [1];
- изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности;
- порядок хранения веществ и материалов, тушение которых недопустимо одними и теми же средствами, в зависимости от их физико-химических и пожароопасных свойств;
- разработку мероприятий по действиям администрации, рабочих, служащих и населения на случай возникновения пожара и организацию эвакуации людей.



Система обеспечения пожарной безопасности объектов включает в себя следующие организационно-технические мероприятия, обязательные к реализации в процессе эксплуатации объектов [16].

- назначение лиц, персонально ответственных за пожарную безопасность отдельных территорий, зданий, сооружений, технологического оборудования, за содержание в исправном состоянии систем противопожарной защиты и пожарной техники;
- установление на объектах соответствующего противопожарного режима;
- своевременное выполнение предписаний государственных надзорных органов;
- обеспечение объектов первичными средствами пожаротушения, пожарной техникой и оборудованием, огнетушащими средствами, а также средствами противопожарной пропаганды.

На пультах управления системами предотвращения, локализации и ликвидации пожароопасных ситуаций и пожаров, приборах контроля и регулирования, обозначены допустимые области параметров (давление, температура, концентрация, уровень налива и т.п.), обеспечивающие пожаробезопасную работу технологического оборудования.

Технологическое оборудование должно быть герметичным. Запрещается эксплуатировать технологическое оборудование при наличии утечек топлива. Работы в зонах, в которых возможно образование горючих паровоздушных смесей, следует выполнять искробезопасным инструментом и в одежде и обуви, не способных вызвать искру, на специально отведенных площадках.

Полное опорожнение резервуаров с бензином не допускается (то есть необходимо, чтобы в резервуаре находилось не менее 5% от номинального уровня наполнения резервуара бензином), за исключением случаев, когда опорожнение производится для очистки резервуаров, проверки состояния их внутренних стенок, выполнения ремонтных работ, замена вида хранения топлива.

Во всех производственных, административных, складских и вспомогательных помещениях, а также у наружных сооружений, на видных местах вывешены таблички с указанием[1]:

- категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности;
- класса взрывоопасных или пожароопасных зон по ПУЭ;
- работника, ответственного за пожарную безопасность;
- номера телефонов вызова пожарной охраны и ответственных за руководство работами по локализации и ликвидации пожароопасных ситуаций и пожаров со стороны эксплуатирующей организации.

Для каждого взрывопожароопасного и пожароопасного участка разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности в соответствии с приложением к постановлению от 16 сентября 2020 г. N 1479 «О противопожарном режиме». Технологическое оборудование на нефтебазе содержаться в исправном состоянии [17].

Крышки сливных и замерных труб, люков смотровых и сливных колодцев оборудованы в местах соприкосновения с корпусом не искрообразующими прокладками и герметично закрыты.

#### **По результатам первого раздела сделаны следующие выводы**

Проведен анализ исходных данных Оренбургской базы хранения нефтепродуктов ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт».

Изучена пожарная характеристика объектов защиты базы хранения нефтепродуктов на соответствие с нормативными данными и оценка последствий воздействия опасных факторов пожара.

Проведен анализ систем обеспечения пожарной безопасности зданий на объекте.

В ходе анализа технологической схемы был выделен наиболее опасный сценарий возможного развития пожароопасной ситуации:

- разрушение автоцистерны с бензином на площадке налива автоцистерн.

Предварительный расчет пожарного риска, при существующих нарушениях в области пожарной безопасности на объекте показал, что

числовые значения индивидуального и социального пожарных рисков не соответствуют нормативным значениям.

## **2 Управление пожарными рисками на объекте**

### **2.1 Анализ систем контроля и обеспечения пожарной безопасности объекта**

При анализе влияния систем контроля и обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, базы хранения нефтепродуктов ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт», расположенная по адресу: г. Оренбург, ул. Донгузская, 68а, на расчетные величины пожарного риска, рассмотрен комплекс мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта [27].

Анализ пожарной угрозы каждого технологического процесса включает в себя:

- исследование пожарной угрозы обращающихся элементов и использованных материалов;
- анализ способности создания горючей среды внутри технологического оборудования;
- анализ способности создания горючей среды при выходе веществ наружу как из естественно работающего оборудования, так и при его дефекте;
- анализ способности возникновения внешних источников зажигания;
- установление вероятных факторов и путей распространения пожара.

Перечисленные выше условия проявляют как позитивное, так и негативное воздействие друг на друга, снижая либо повышая тем самым пожаровзрывоопасность базы хранения нефтепродуктов. Решая основные задачи обеспечения подобных обстоятельств, следует подробно проанализировать воздействие выше упомянутые факторы, на пожаровзрывоопасность базы хранения нефтепродуктов [20].

Проблема предоставления пожарной опасности на базе хранения нефтепродуктов обуславливается значительным уровнем пожаров и аварий. Высокая возможность появления пожара на объекте формируется частыми утечками горючего топлива либо его паров в участках со значительной

возможностью присутствия источника зажигания (выхлопная труба автотранспортного средства и др.).

На основании анализа [20]. существующих сведений о пожарах возникающих на базах хранения нефтепродуктов, возможно сделать вывод о том, что возможность появления пожароопасных ситуаций определяется:

- выход параметров технологических процессов за опасные значения;
- разгерметизацией технологического оборудования, инициированного износом;
- умышленным формированием аварийных ситуаций в следствии противоправных действий людей.

При этом рассматривались следующие мероприятия по обеспечению пожарной безопасности:

- мероприятия, направленные на предотвращение пожара;
- мероприятия по противопожарной защите;
- организационно-технические мероприятия по обеспечению пожарной безопасности.

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности учтены при определении частот реализации пожароопасных ситуаций, возможных сценариев возникновения и развития пожаров и последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития.

Решения, направленные на предупреждение развития аварий и чрезвычайных ситуаций и локализацию выбросов опасных веществ.

В процессе эксплуатации, для обеспечения быстрой локализации аварий и ликвидации их последствий, организуется периодическое обучение персонала действиям при возникновении аварии в соответствии с планом ликвидации возможных аварий и чрезвычайных ситуаций [27].

Для обеспечения локализации аварийных выбросов проектом предусмотрены следующие мероприятия [27]:

- предусмотрена возможность отсечения, в случае аварии, любого аппарата, насоса, резервуара и т.д. с его последующим опорожнением;

- основные потоки снабжены электроприводными задвижками, обеспечивающими отключение аварийного участка в кратчайший срок;
- любой аппарат может быть отсечен от других с помощью запорной арматуры, жидкость сброшена в дренажные емкости или откачена в резервуары.

Технологическая схема и комплектация основного оборудования гарантируют непрерывность производственного процесса за счет оснащения технологического оборудования системами автоматического регулирования, блокировки и сигнализации [4, 27].

Технологическое оборудование выбрано в соответствии с заданными технологическими параметрами, что уменьшает вероятность образования взрывоопасных смесей [4].

Предусмотрен необходимый объем мероприятий по технике безопасности и охране труда.

Класс функциональной пожарной опасности здания и его частей определяется их назначением и особенностями размещаемых в них технологических процессов.

Возникновение пожаров и взрывов на территории базы хранения нефтепродуктов зависит от многих обстоятельств, связанных со свойствами нефтепродуктов, организацией производства и внешних условий.

Причины возникновения пожаров:

- применение открытого огня при ремонтах и осмотрах оборудования и заправочных колонок;
- использование негерметичных осветительных приборов и арматуры;
- неисправность электропроводки;
- грозовые разряды;
- самовозгорание горючих веществ;
- электризуемость топлива.

Особую опасность в эксплуатации резервуаров, трубопроводов и сливо-наливных устройств, представляет электризация горючего, которая может вызвать пожар.

В условиях эксплуатации базы хранения нефтепродуктов топливо электризуется при:

- прокачке по рукавам и трубопроводам;
- прохождении через фильтры;
- ударе струи о твердую поверхность;
- разбрызгивании в воздухе при падении с высоты;
- контакте с шелковыми и шерстяными тканями.

Вывод заключается в том, что распространение пожара на территории базы хранения нефтепродуктов и за ее пределами может распространяться с огромной скоростью, принося значительный ущерб людям, имуществу и экологии.

Основа пожарной безопасности базы хранения нефтепродуктов – это выполнение всех требований руководящих документов по пожарной безопасности, выполнение инструкций по действиям при пожаре, что приведет к сдерживанию, улавливанию огня и возможность эвакуироваться людям в безопасную зону [30].

Применение организационно - технических мероприятий по обеспечению взрывопожаробезопасности при хранении и реализации нефтепродуктов на базе хранения нефтепродуктов, позволит значительно снизить риск возникновения пожаров.

## 2.2 Система управления пожарными рисками

Управление пожарным риском заключается в разработке и реализации комплекса мероприятий (инженерно-технического, экономического, социального и иного характера), позволяющих уменьшить значение данного пожарного риска до допустимого (приемлемого) уровня. Грамотное управление рисками, может уменьшить степень опасности данного объекта защиты, а значит – повысить, увеличить степень его безопасности до максимально возможного в современных условиях уровня.

Для выработки долгосрочной стратегии и реализации мероприятий по управлению пожарными рискам, необходимо определить, по каким причинам могут возникнуть пожары (взрывы) на базе хранения нефтепродуктов, с гибелью людей и значительным материальным ущербом.

К управлению пожарными рисками относится планирование и осуществление (внедрение) комплекса мероприятий, которые обеспечивают снижение значений пожарного риска до нормативного. К данному комплексу относятся мероприятия: инженерные, технические, организационные. Они должны обеспечить допустимый уровень пожарного риска при условии экономической и социальной целесообразности.

К факторам, с которыми связаны риски возникновения пожаров и их последствия, на базе хранения нефтепродуктов, являются такие показатели:

- конструктивная опасность и степень огнестойкости зданий и сооружений;
- взрывопожароопасность используемых, как в технологии, так и конструкциях и отделке зданий, веществ и материалов, которые находятся на базе хранения нефтепродуктов;
- организация эксплуатации базы хранения нефтепродуктов, соблюдение техники безопасности персоналом и правил противопожарного режима посетителями;



- наличие и работоспособность средства противопожарной защиты, имеющиеся на базе хранения нефтепродуктов (пожаротушения, сигнализации);

- объёмно-планировочные решения, как внутренней планировки зданий, так и территории в целом.

Для того, чтобы определить пожарную опасность на базе хранения нефтепродуктов, и выстроить систему управления пожарными рисками, необходимо тщательно исследовать все приведенные выше факторы и рассмотреть их влияние на систему обеспечения взрывопожаробезопасности объекта.

### **2.3 Внедрение новых технических методов (оборудования) систем контроля и обеспечения пожарной безопасности объекта на основе инновационных решений**

Оценка соответствия объектов защиты (продукции) включает в себя информацию о проведении необходимых исследований, испытаний, расчетов и экспертиз в случаях, установленных нормативными документами по пожарной безопасности.

По результатам обследования рассматриваемого объекта защиты, выявлены отступления в части несоблюдения нормативных норм режимного и конструктивного характера установленные требованиями пожарной безопасности, обозначенные в пункте 1.2, стр.18.

На Оренбургской базе хранения, согласно проведенным расчетам по оценке пожарного риска, числовые значения индивидуальных и социальных пожарных рисков, не соответствуют нормативным значениям пожарных рисков, установленные ФЗ № 123[28].

Учитывая требования статьи 75 приказа от 30 ноября 2016 г. № 644 противопожарное мероприятие, считается исполненным при выполнении одного из следующих условий:

- 1) исполнение в полном объеме данного мероприятия;

2) разработки и исполнение комплекса необходимых инженерно-технических и организационных мероприятий по обеспечению пожарной безопасности, при котором расчетом по оценке пожарного риска подтверждается выполнение условий соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности для объектов защиты, которые были введены в эксплуатацию либо проектная документация на которые была направлена на экспертизу до дня вступления в силу Федерального закона»[28], для рассматриваемого объекта защиты были выполнены соответствующие расчеты.

При детальном изучении состояния систем пожаротушения на объектах нефтебазы, было определено, что система пожаротушения резервуарного парка отсутствует и до приезда пожарных подразделений, тушение водой по своим техническим показателям имеет низкую огнетушащую эффективность тушения пожара [6, 8, 9, 10].

Для повышения огнетушащей эффективности, что определяется временем тушения пламени, руководству нефтебазы предложен способ с применением гранулированного порошкового состава на очаг возникшего загорания «Магистерская работа Д.А. Давыдова. Разработка мероприятий по улучшению системы пожаротушения резервуарного парка» [3].

С возникновением пламени внутри резервуара и достижением температуры плавления пакетов, гранулированный тушащий материал просыпается на поверхность нефтепродукта и, расплываясь, тушит очаг возгорания [3].

Обеспечение самотушения возгораний в резервуаре, недопущение развития мощности горения нефтепродукта и повышение эффективности пожаротушения, результатом является снижение влияния температурной радиация на окружающую среду [3,16].

Для тушения возникшего загорания на территории резервуарного парка светлых нефтепродуктов, необходимо произвести расчет тушащего материала, для ликвидации загорания с общим количеством опасного вещества, находящегося одновременно до 8 000 тонн [3].

Объем тушащего материала, количество решетчатых кассет и объем тушащего материала в кассете рассчитываются по формулам:

$$V_{\text{TM}}=(\pi d^2:4)\times T_{\text{TM}}, \quad (39)$$

$$V_{\text{TM}}=(3,14\cdot 15,18^2:4)\times 0,05=9,04 \text{ м.куб.}$$

$$n_{\text{K}}=\pi d:l, \quad (40)$$

$$V_{\text{TMK}}=V_{\text{TM}}:n_{\text{K}}, \quad (41)$$

$$n_{\text{K}}=3,14\cdot 15,18:l=48 \text{ кассет};$$

$$V_{\text{TMK}}=9,04:48=0,188 \text{ м.куб.}$$

где  $V_{\text{TM}}$ - объем тушащего материала;

$d$  - диаметр резервуара;

$T_{\text{TM}}$ - необходимый слой тушащего материала;

$l$  - ширина кассет, на практике она равна 1-2 м;

$V_{\text{TMK}}$ - объем тушащего материала в кассете;

$n_{\text{K}}$ - количество кассет.

Из приведенного расчета для проектирования автоматической системы гранулированного состава в резервуарном парке одного резервуара РСВ-2000 необходимо 48 кассет с 0,188 мз вещества в каждой кассете. Общее количество вещества 9,04 мз. [3].

Гранулы с порошком закреплены верхней части стенки резервуара, высота 12 м, пакеты выполнены из легкоплавкого маслобензостойкого материала.

Даже в случаях неполного тушения пламени и наличия отдельных мелких точек горения, ввиду резкого снижения температурной радиации на окружающую среду создаются безопасные условия для оперативного персонала мобильных средств пожаротушения.

При необходимости, завершение тушения производится включением автоматических систем пожаротушения или мобильными средствами с подачей пены в резервуарах. Срок службы материала кассет, пакетированного тушащего материала не менее срока службы резервуара [3].

**По результатам второго раздела сделаны следующие выводы.**

Проведен анализ систем контроля и обеспечения пожарной безопасности объекта.

В основу обеспечения пожарной безопасности нефтебазы заложены, организационные мероприятия, которые затем реализуются технически по четко разработанному плану противопожарной защиты объекта (в соответствии с техническими заданиями, приказами и инструкциями о мерах пожарной безопасности).

Разработаны организационные мероприятия включающие меры (правила) пожарной безопасности на нефтебазе в виде (приказов, инструкции, положений и т.п.).

Проведен анализ технологического процесса на базе хранения нефтепродуктов, по результатам экспертизы соответствия требованиям противопожарных норм и правил.

Предложены компенсирующие мероприятия по совершенствованию системы противопожарной защиты объекта, для приведения числовых значений индивидуальных и социальных пожарных рисков, в соответствие с нормативным значениям пожарных рисков, установленные ФЗ № 123 [28].

Для повышения огнетушащей эффективности, что определяется временем тушения пламени, руководству нефтебазы предложен способ с применением гранулированного порошкового состава на очаг возникшего загорания.

### **3 Расчет величин пожарного риска на объекте**

#### **3.1 Расчет величины пожарного риска в зданиях и на территории нефтебазы**

Задачей расчета является проверка уровня обеспечения пожарной безопасности в рассматриваемых зданиях и территории объекта защиты. Мерой уровня обеспечения пожарной безопасности, согласно Федеральному закону от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее – Технический регламент), является значение пожарного риска – возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей [27].

Расчет по оценке пожарного риска проведен согласно «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности» (далее – Методика), утвержденная приказом МЧС России от 30 июня 2009 г. № 382 (с учетом изменений, вносимых в методику приказом МЧС России №749 от 12.12.2011г.; приказом МЧС России № 632 от 02.12.2015г.) [14].

Величина пожарного риска заключается в расчете индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в здании. Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара (далее – ОФП) на человека. Перечень ОФП установлен статьей 9 Технического регламента. Результаты и выводы, полученные при определении пожарного риска, используются для обоснования параметров и характеристик зданий, сооружений, которые учитываются в настоящей Методике [13, 27].

Частота воздействия опасных факторов пожара определяется для пожароопасной ситуации, которая характеризуется наибольшей опасностью для жизни и здоровья людей, находящихся в здании.

## 3.2 Расчет времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара

### 3.2.1 Порядок проведения расчета

Производится экспертный выбор сценария или сценариев пожара, при которых ожидаются наихудшие последствия для находящихся в здании людей.

Формулировка сценария развития пожара включает в себя следующие этапы:

- выбор места нахождения первоначального очага пожара и закономерностей его развития;
- задание расчетной области (выбор рассматриваемой при расчете системы помещений, определение учитываемых при расчете элементов внутренней структуры помещений, задание состояния проемов);
- задание параметров окружающей среды и начальных значений параметров внутри помещений.

Выбор места нахождения очага пожара производится экспертным путем. При этом учитывается количество горючей нагрузки, ее свойства и расположение, вероятность возникновения пожара, возможная динамика его развития, расположение эвакуационных путей и выходов.

Наиболее часто при расчетах рассматриваются три основных вида развития пожара: круговое распространение пожара по твердой горючей нагрузке, линейное распространение пожара по твердой горючей нагрузке, неустановившееся горение горючей жидкости.

Скорость выгорания для этих случаев определяется формулами:

$$\Psi = \begin{cases} \Psi_{уд} \cdot \pi \cdot v^2 \cdot t^2 - \text{для кругового распространения пожара} \\ \Psi_{уд} \cdot 2 \cdot v \cdot t \cdot b - \text{для линейного распространения пожара} \\ \Psi_{уд} \cdot F \cdot \sqrt{\frac{t}{t_{ст}}} - \text{для неустановившегося горения ГЖ} \end{cases} \quad (27)$$

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

- $v$  – скорость распространения пламени, м/с;
- $b$  – ширина полосы горючей нагрузки, м;
- $t_{ст}$  – время стабилизации горения горючей жидкости, с;
- $F$  – площадь очага пожара, м<sup>2</sup>.

При наличии в помещении установки автоматического пожаротушения, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, при возможном возникновении пожара, значение скорости выгорания в расчете принимается уменьшенным в 2 раза.

Соответственно выбирается метод моделирования, формулируется математическая модель, соответствующая данному сценарию, и производится моделирование динамики развития пожара. На основании полученных результатов рассчитывается время достижения каждым из опасных факторов пожара предельно допустимого значения на путях эвакуации.

Критическое время по каждому из опасных факторов пожара определяется как время достижения этим фактором предельно допустимого значения на путях эвакуации на высоте 1,7 м от пола.

Предельно допустимые значения по каждому из опасных факторов пожара составляют:

- по повышенной температуре – 70°С;
- по тепловому потоку – 1400 Вт/м<sup>2</sup>;
- по потере видимости – 20 м (для случая, когда оба горизонтальных линейных размера помещения меньше 20 м, предельно допустимое расстояние по потере видимости следует принимать равным наибольшему горизонтальному линейному размеру);
- по пониженному содержанию кислорода – 0,226 кг/м<sup>3</sup>;
- по каждому из токсичных газообразных продуктов горения (СО<sub>2</sub> – 0,11 кг/м<sup>3</sup>; СО – 1,16·10<sup>-3</sup> кг/м<sup>3</sup>; НСl – 23·10<sup>-6</sup> кг/м<sup>3</sup>).

Необходимо отметить, что при использовании полевой модели определение критического времени имеет существенные особенности, связанные с тем, что критическое значение в различных точках помещения

достигается не одновременно. Для помещений с соизмеримыми горизонтальными размерами критическое время определяется как максимальное из критических времен для эвакуационных выходов из данного помещения (время блокирования последнего выхода).

Определяется время блокирования  $t_{\text{бл}}$ :

$$t_{\text{бл}} = \min\{t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}}, t_{\text{кр}}^T, t_{\text{кр}}^{\text{т.г.}}, t_{\text{кр}}^{\text{O}_2}, t_{\text{кр}}^{\text{т.п.}}\} \quad (28)$$

где критическое время по каждому ОФП определяется:

$t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}}$  - по повышенной температуре;

$t_{\text{кр}}^T$  - по тепловому потоку;

$t_{\text{кр}}^{\text{т.г.}}$  - по потере видимости;

$t_{\text{кр}}^{\text{т.г.}}$  - по пониженному содержанию кислорода.

### 3.2.2 Выбор программного обеспечения для расчета ИПР в здании

Для расчета ИПР используется программный комплекс FireCat предназначенный для расчета индивидуального пожарного риска согласно приказам МЧС № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [14].

Комплекс состоит из трех компонентов:

1. Программа Pathfinder для моделирования эвакуации людей при пожаре;
2. Программа PyroSim для моделирования пожара;
3. Программа FireRisk для обработки результатов.

Для расчета времени эвакуации используется программа Pathfinder, которая позволяет выполнить расчет времени эвакуации и времени существования скоплений по индивидуально-поточной модели движения.

Для расчета времени блокирования путей эвакуации используется программа PyroSim. PyroSim представляет собой графический пользовательский интерфейс для FDS, который позволяет выполнить



моделирование распространения опасных факторов пожара по полевой модели, построить поля опасных факторов и определить время блокирования путей эвакуации.

Для расчета индивидуального пожарного риска используется программа FireRisk.

### **3.2.3 Расчет индивидуального пожарного риска**

Расчет индивидуального пожарного риска проведен для здания АБК нефтебазы.

Пожар возникает в гараже АБК. Сотрудники, работающие на втором этаже, эвакуируются через основной выход. Сотрудники, работающие на первом этаже, эвакуируются через ближайший доступный выход. Расчетный сценарий показывает возможность такой эвакуации до блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Исходные данные для расчета эвакуации принимались:

- объемно-планировочные данные здания и помещений;
- геометрические размеры помещений;
- размеры (ширина, высота) путей эвакуации;
- размеры эвакуационных выходов, проемов;
- пределы огнестойкости строительных конструкций здания;
- класс пожарной опасности строительных конструкций здания;
- количество одновременно находящихся людей в здании, помещениях.

Геометрия путей эвакуации этажей здания АБК показаны на рисунках 7-8

Размещение людей на плане этажей здания показаны на рисунках 9-10.

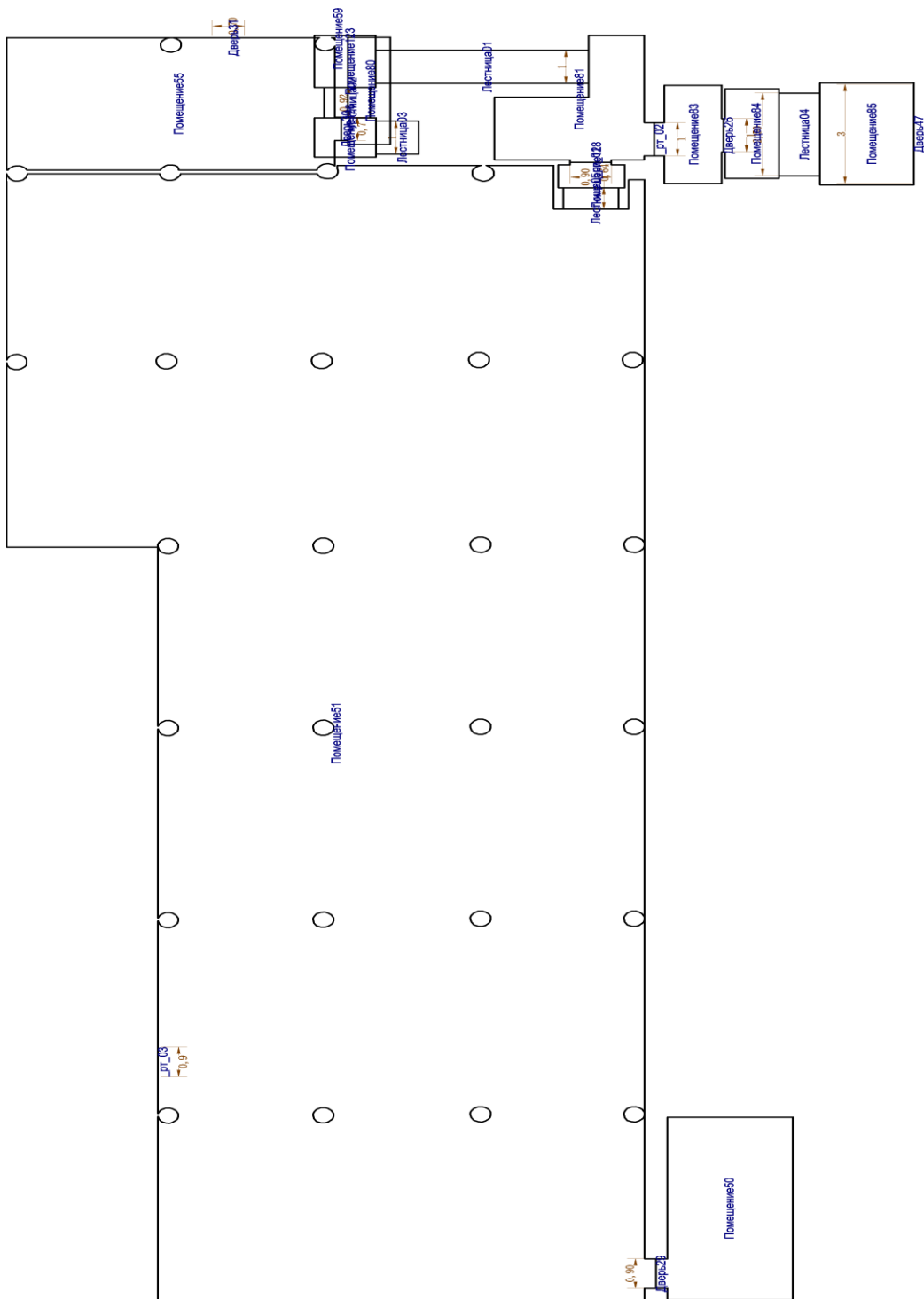


Рисунок 7 -Геометрия путей эвакуации Этаж 0,0 m

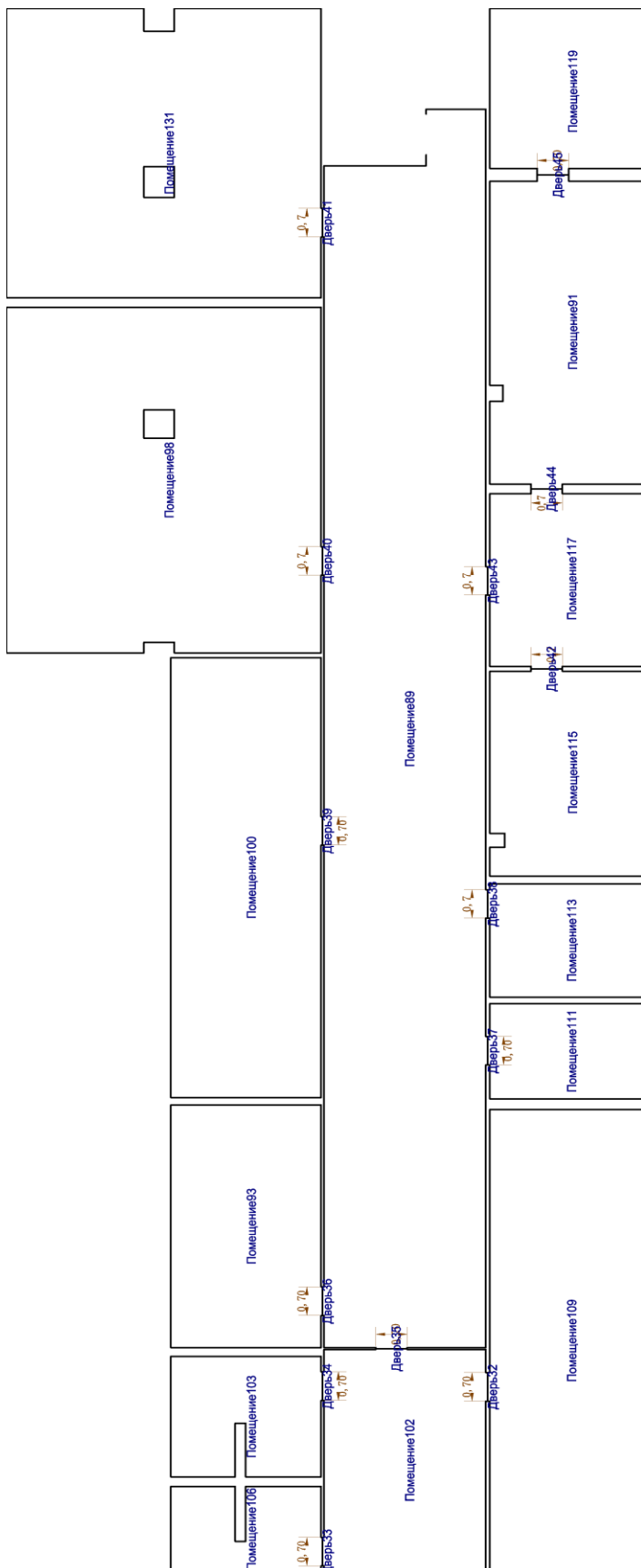


Рисунок 8 -Геометрия путей эвакуации Этаж 4,9m

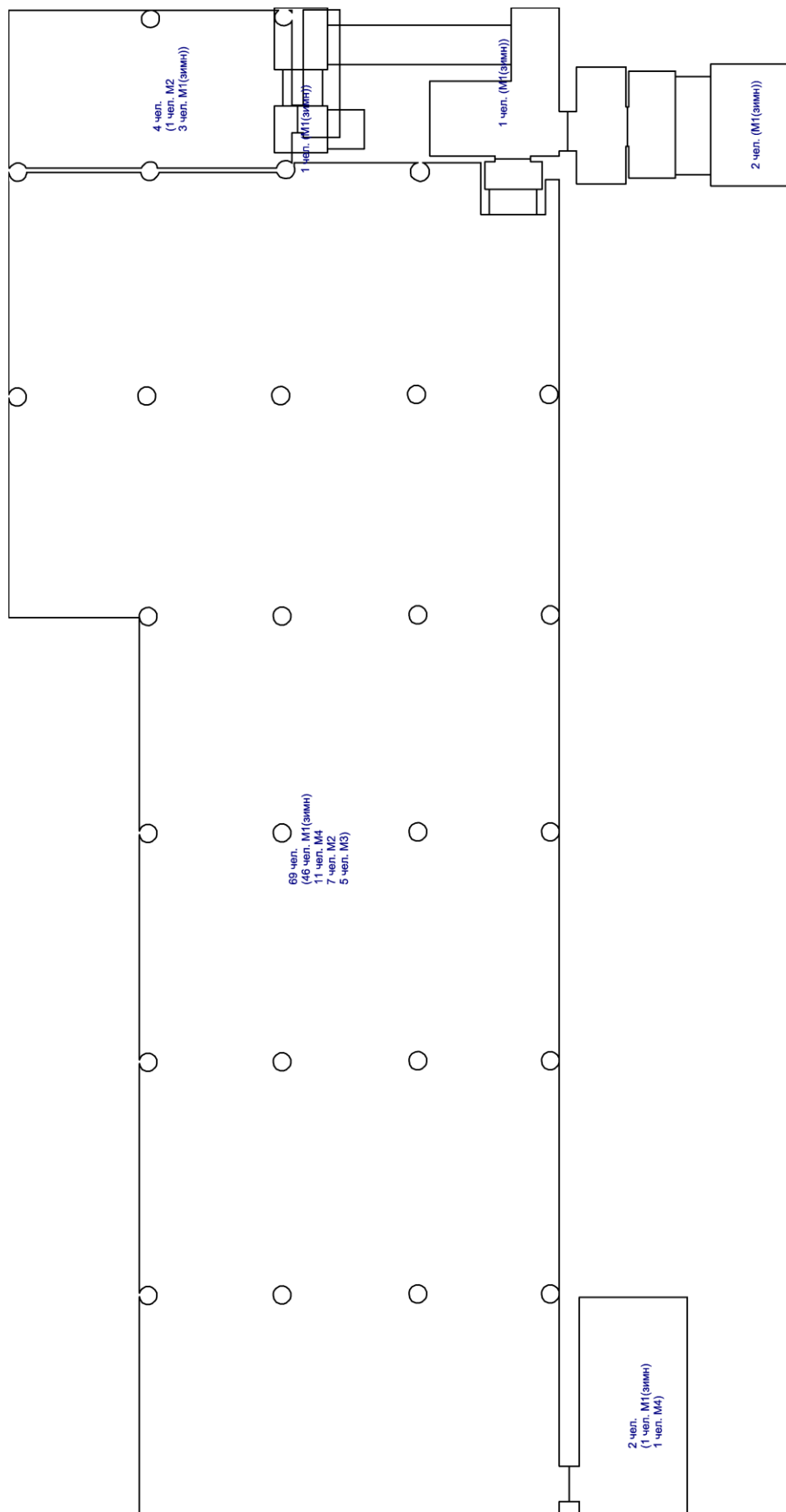


Рисунок 9 -Размещение людей на плане этажаЭтаж 0,0 m



Рисунок 10 - Размещение людей на плане этажа Этаж 4,9м



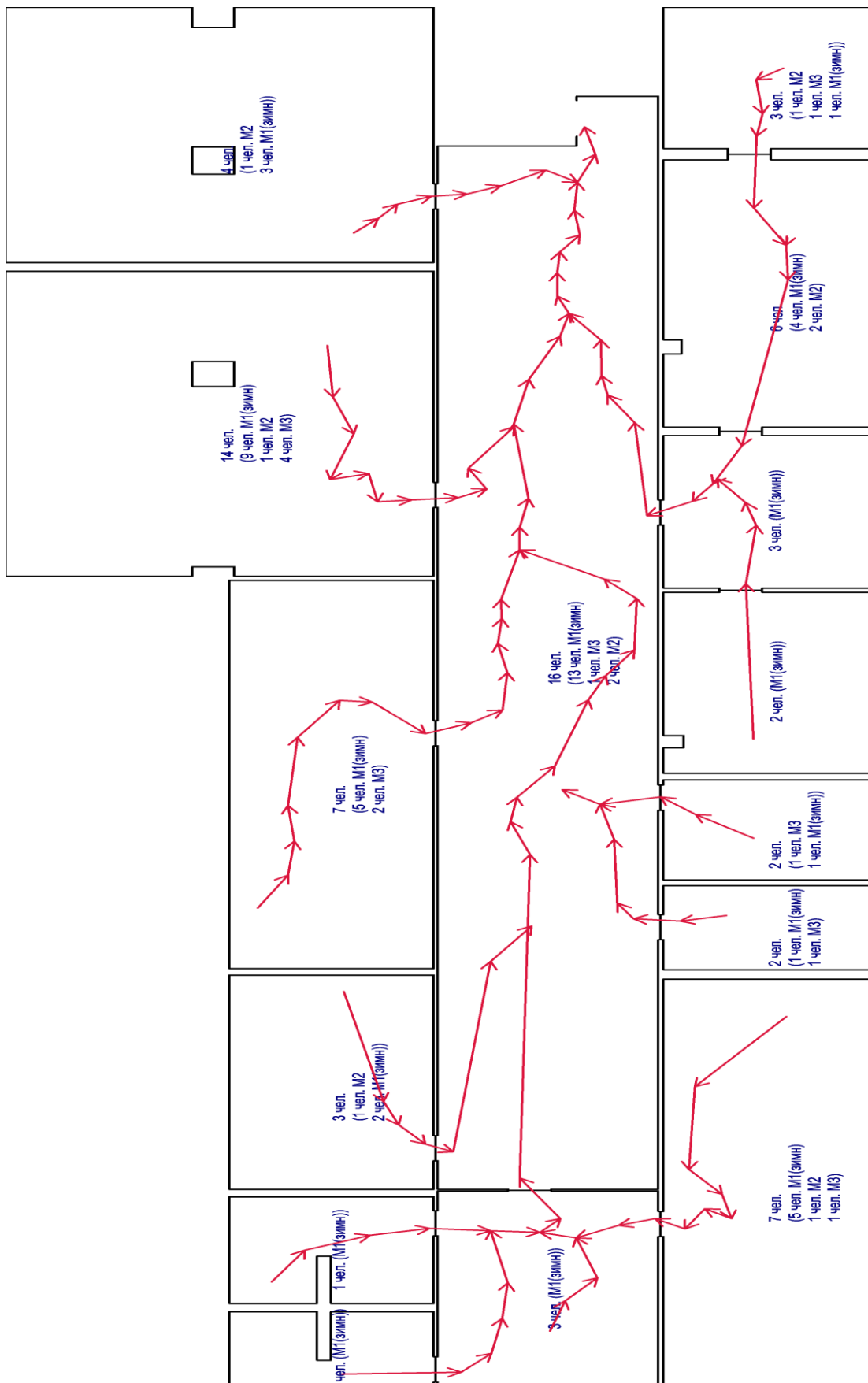
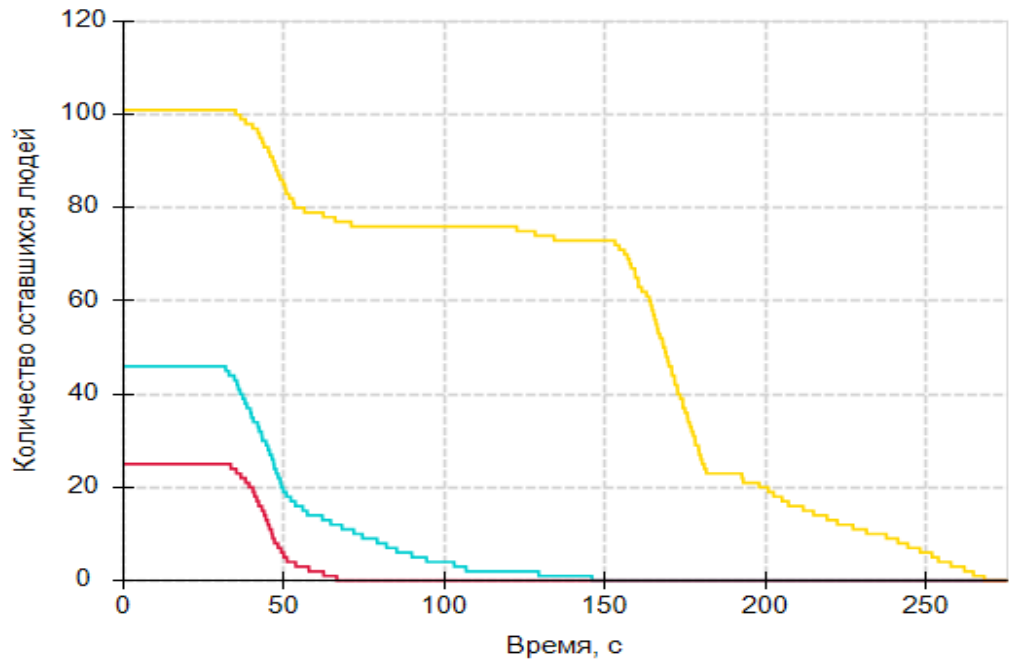


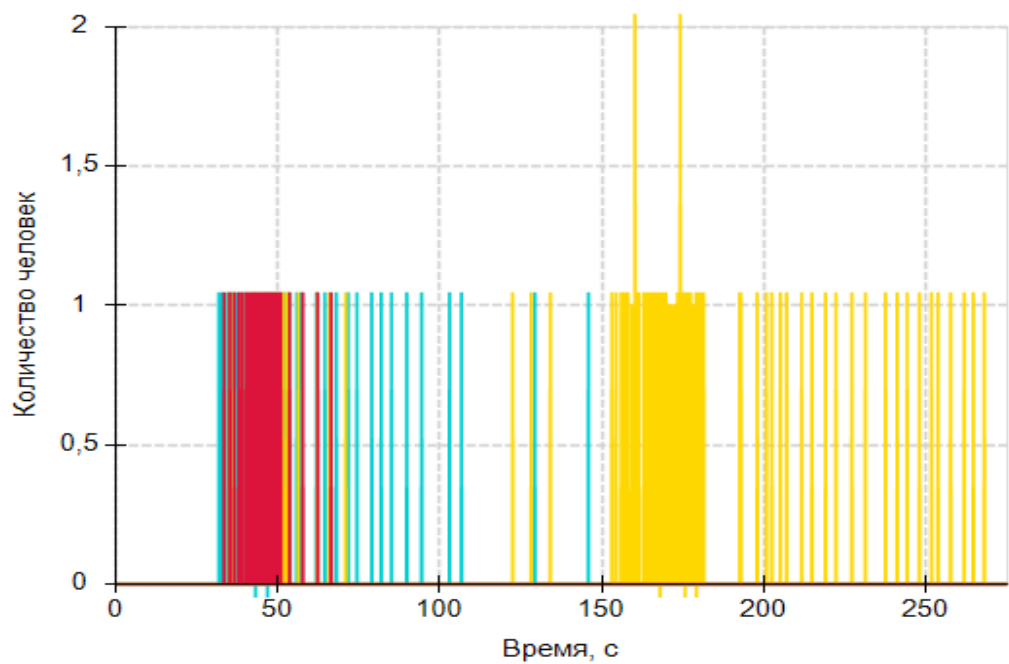
Рисунок 12 - Схема эвакуации Этаж 4,9т



— 01, Кол-во оставшихся — 02, Кол-во оставшихся — 03, Кол-во оставшихся

Рисунок 13 -Количество оставшихся людей\_01

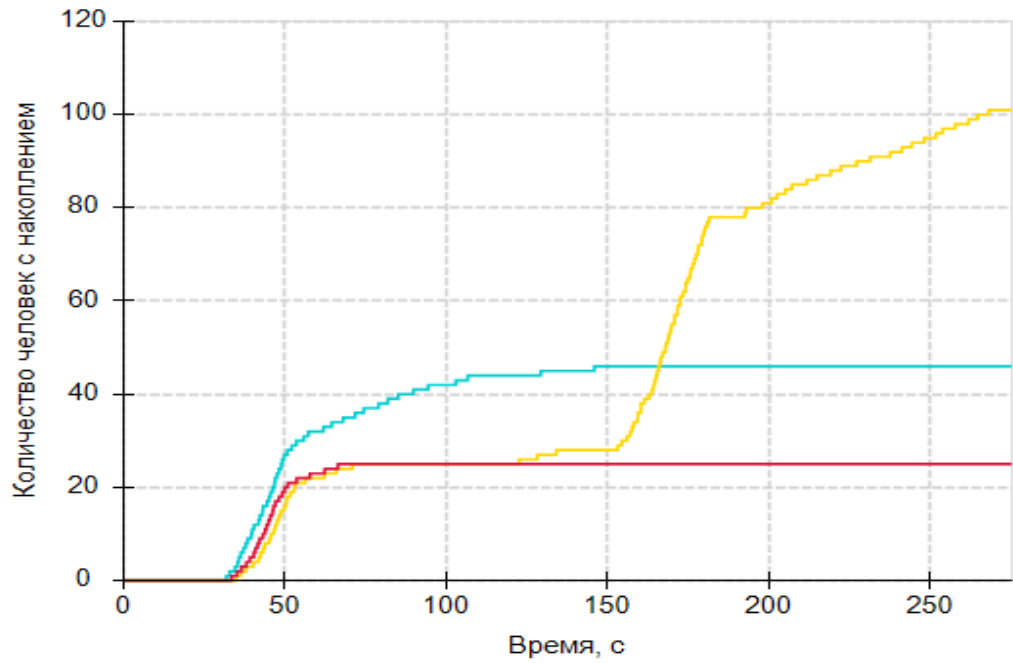
Количество оставшихся людей и количество человек, показаны на рисунках 13-14.



— 01, Кол-во чел — 02, Кол-во чел — 03, Кол-во чел

Рисунок 14 -Количество человек\_01

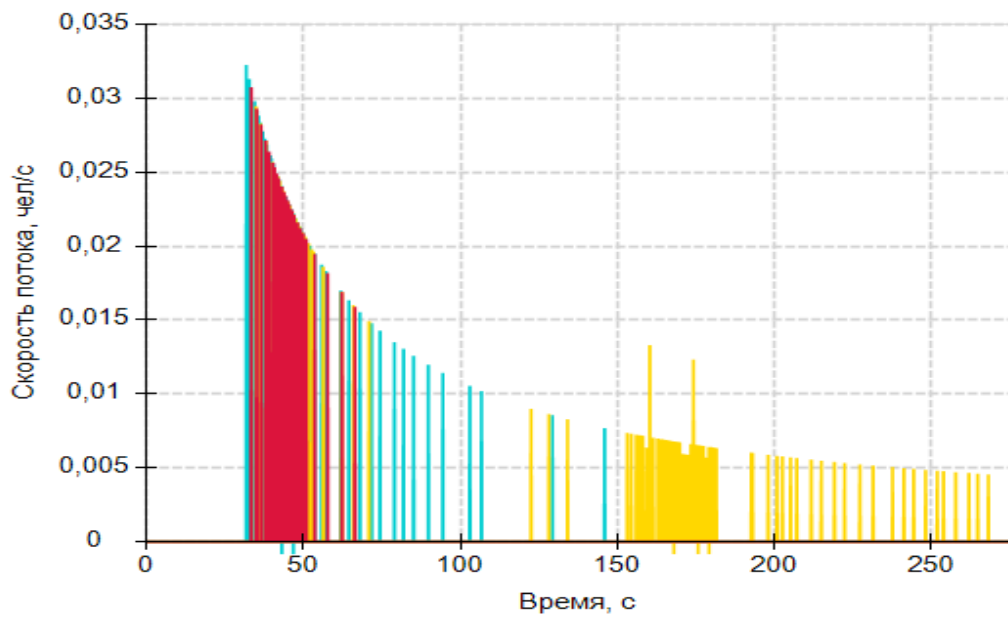




— 01, Полн.кол-во чел — 02, Полн.кол-во чел — 03, Полн.кол-во чел

Рисунок 15 -Количество человек с накоплением\_01

Количество человек с накоплением и скорость потока, показаны на рисунках 15-16.



— 01, Скор.потока — 02, Скор.потока — 03, Скор.потока

Рисунок 16 -Скорость потока\_01

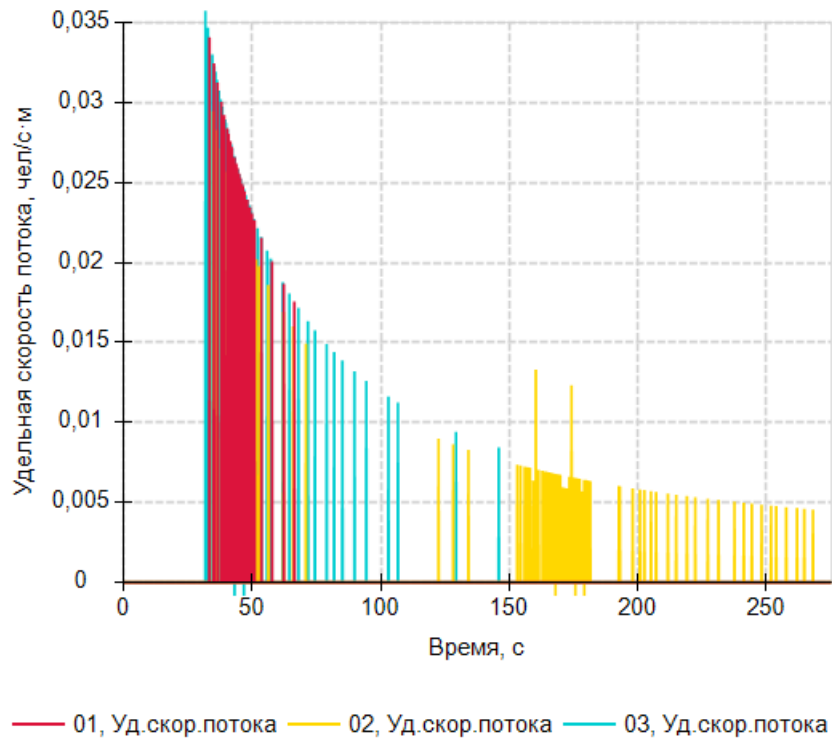


Рисунок 17 -Удельная скорость потока\_01

Удельная скорость потока и График мощности пожара показаны на рисунках 17-18.

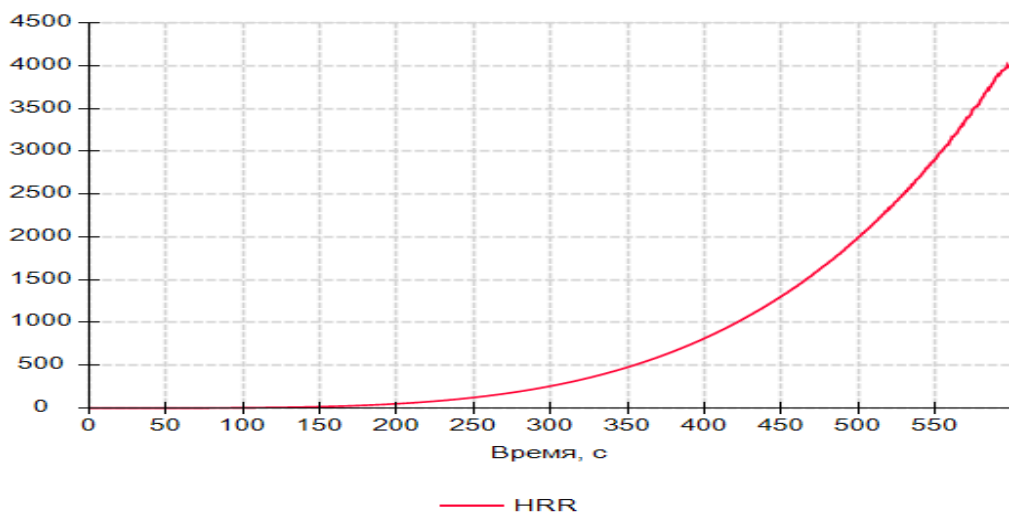


Рисунок 18 -График мощности пожара

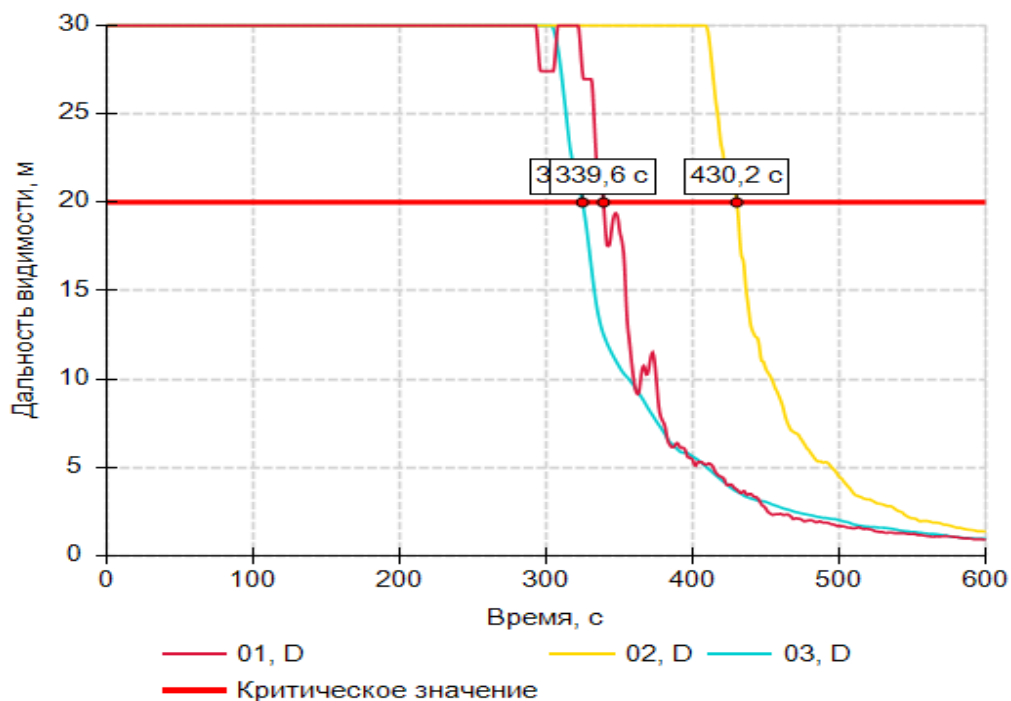


Рисунок 19 -Дальность видимости\_01

Дальность видимости иконцентрация кислорода показаны на рисунках 19-20.

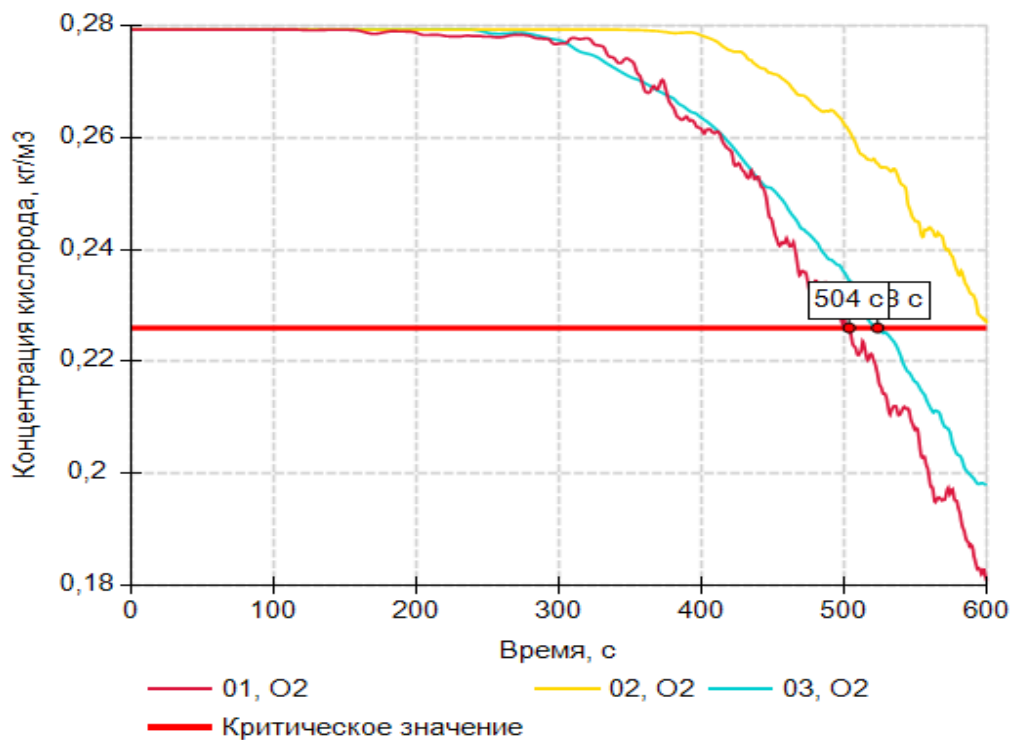


Рисунок 20 -Концентрация кислорода\_01

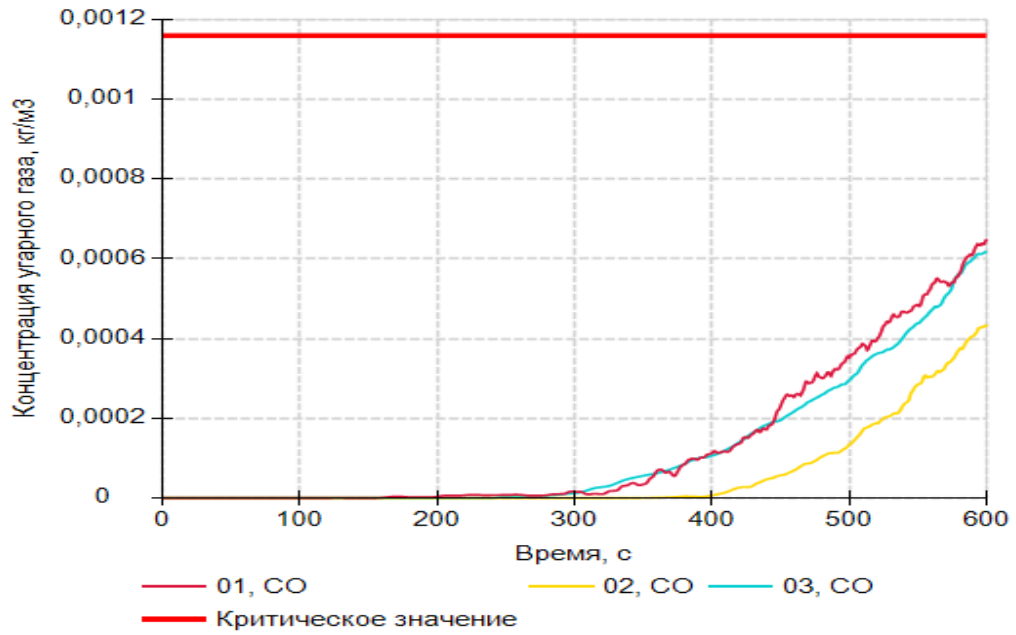


Рисунок 21 -Концентрация угарного газа\_01

Концентрация угарного газа и концентрация углекислого газа показаны на рисунках 21-22.

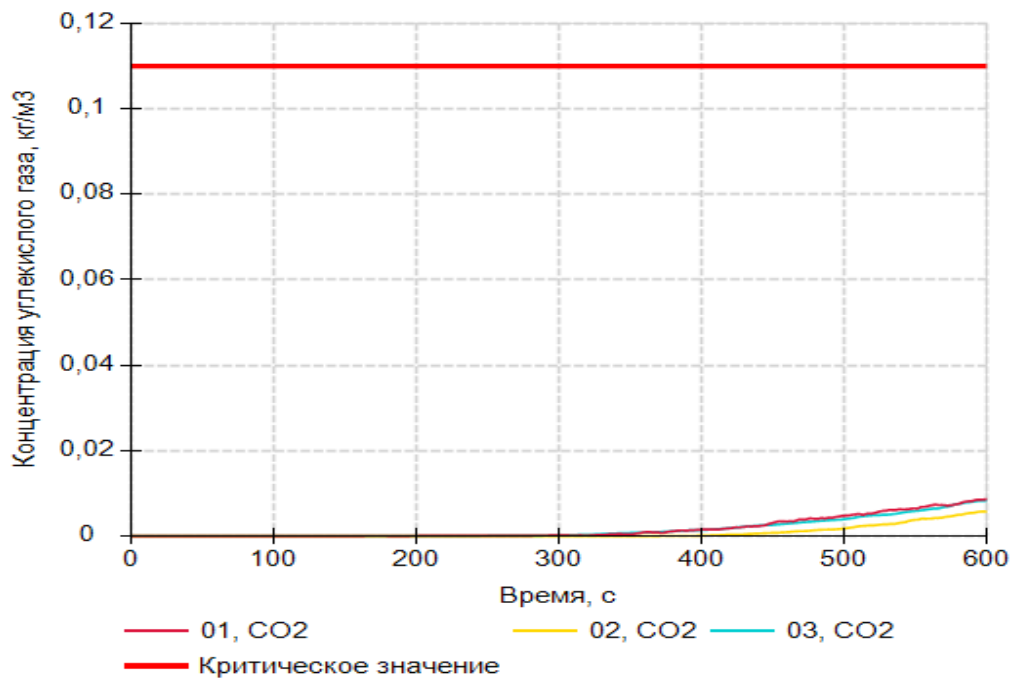


Рисунок 22 -Концентрация углекислого газа\_01

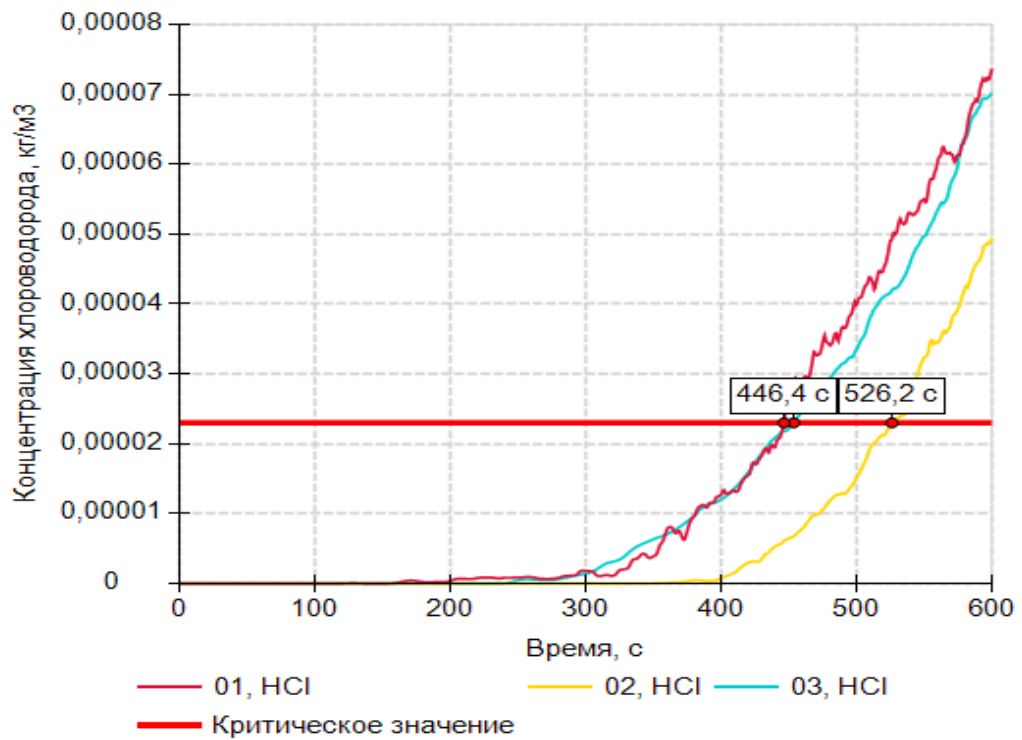


Рисунок 23 -Концентрация хлороводорода\_01

Концентрация хлороводорода и мощность пожара показаны на рисунках 23-24.

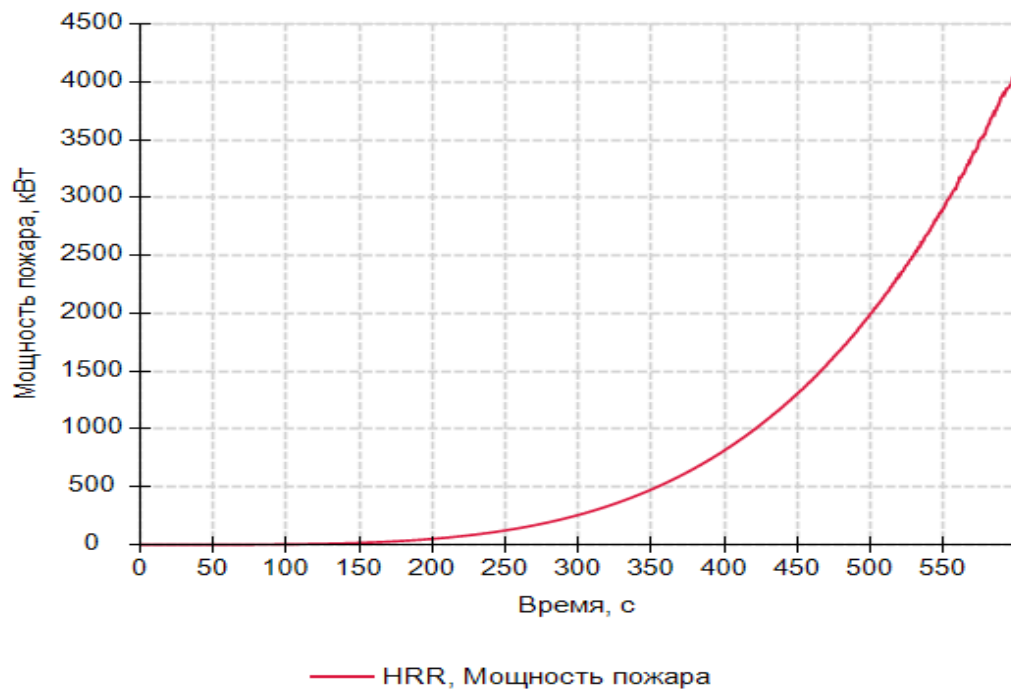


Рисунок 24 -Мощность пожара\_01

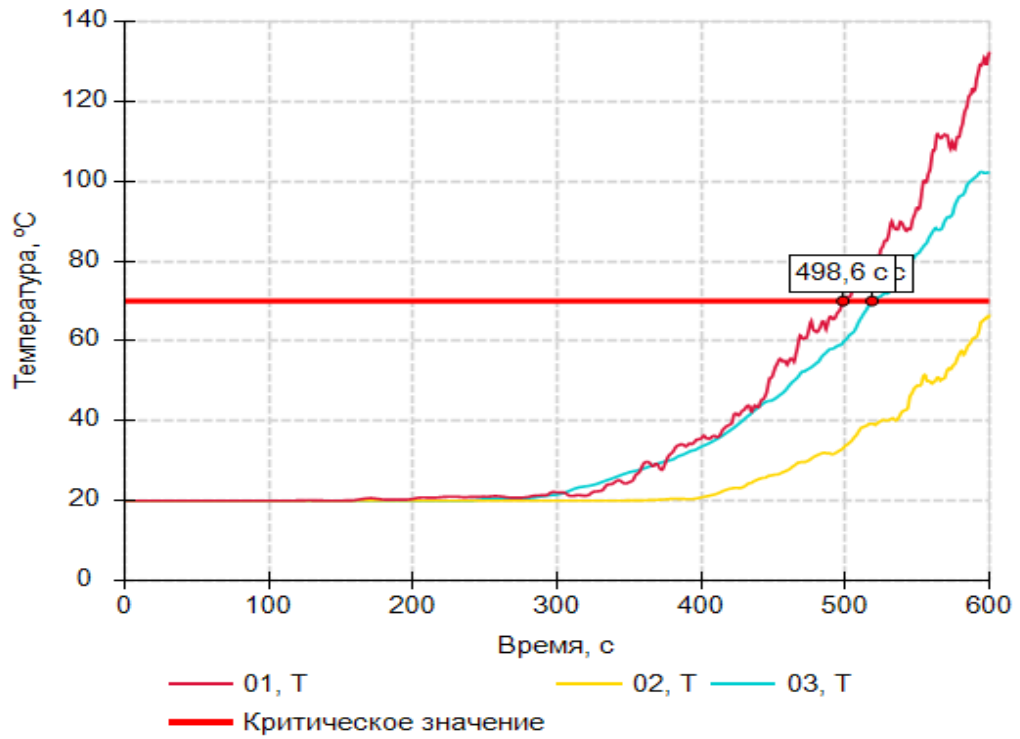


Рисунок 25 - Температура\_01

Температура и тепловой поток показаны на рисунках 25-26.

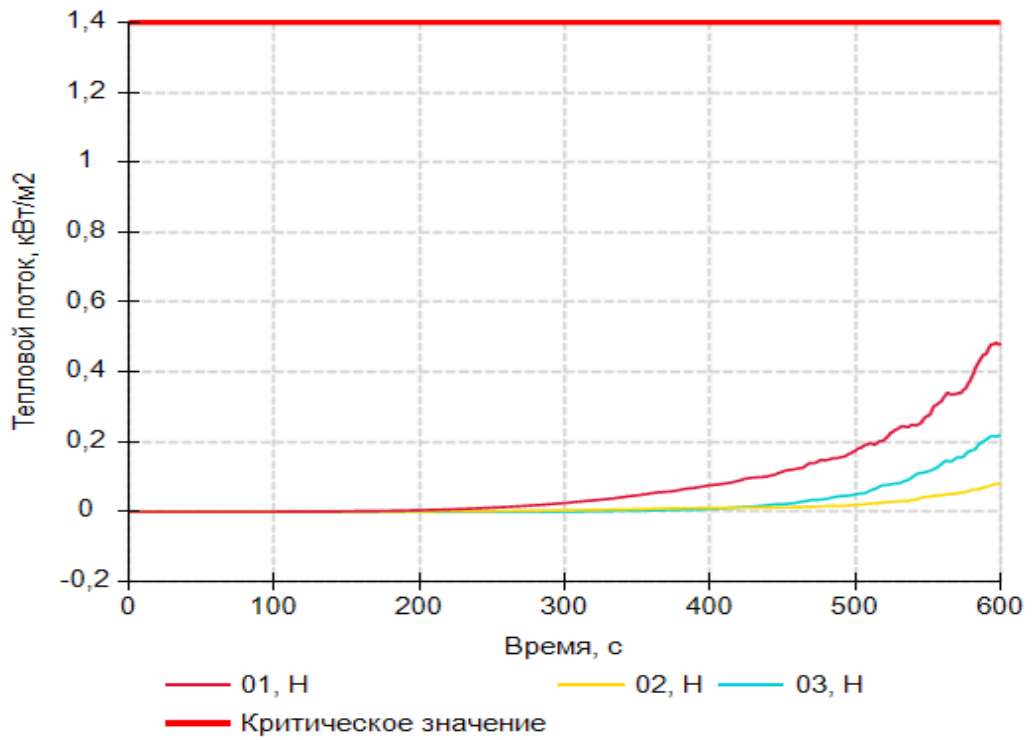


Рисунок 26 - Тепловой поток\_01

Время эвакуации по помещениям и вероятность эвакуации приведены в таблицах 26 – 27.

Вероятность эвакуации  $P_{э}$  рассчитывается по формуле:

$$P_{э} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot t_{бл} - t_p}{t_{нэ}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэ} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_{ск} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \text{ мин} \end{cases} \quad (29)$$

Таблица 13 - Время эвакуации по помещениям

Помещение	Точка	0.8*Тбл, с	По умолчанию	Помещение пожара	$P_{э}$
Гараж	01	271,69	---	66,43 (0,999)	0,999
	02	344,18	268,1 (0,999)	70,93 (0,999)	0,999
Офисы	03	260,17	145,9 (0,999)	106,7 (0,999)	0,999
	$P_{э}$		0,999	0,999	

Вероятность эвакуации определяется по формуле:

$$P_{эij} = 1 - (1 - P_{э.пij}) \cdot (1 - P_{д.виj}) \quad (30)$$

Таблица 14 -Вероятность эвакуации

Помещение	Вероятность эвакуации по путям эвакуации $P_{эп}$	Вероятность эвакуации через аварийные выходы $P_{дв}$	Вероятность эвакуации
Гараж	0,999	0,030	0,99903
Офисы	0,999	0,030	0,99903

Вклад в потенциальный риск для помещения от данного сценария составляет:

$$P = Q_j \cdot Q_{dij} \quad (31)$$

Условная вероятность поражения человека  $Q_{dij}$  определяется по формуле:

$$Q_{dij} = (1 - P_{эij}) \cdot (1 - D_{ij}), \quad (32)$$

Вероятность эффективной работы технических средств по обеспечению безопасности людей  $D_{ij}$  определяется по формуле:

$$D_{ij} = 1 - \prod_{k=1}^K (1 - D_{ijk}) \quad (33)$$

Вероятность эффективной работы технических средств и расчета потенциального риска для помещений приведены в таблицах 28 – 29.

Таблица 15 - Вероятность эффективной работы технических средств

Помещение	Дап	Дпдз	Дсоуэ	Дплан	Ддр	D
Гараж	0	0	0,00	0,8	0	0,8
Офисы	0	0	0,8	0,8	0	0,96

Таким образом, вклад в потенциальный риск помещения от данного сценария составляет:

Помещение	Вероятность эвакуации	D	Q <sub>j</sub>	Q <sub>d</sub>	Вклад в потенциальный риск от данного сценария
Гараж	0,99903	0,8	0,010896	$194 \cdot 10^{-6}$	$2,11 \cdot 10^{-6}$
Офисы	0,99903	0,96	0,010896	$38,8 \cdot 10^{-6}$	$0,42 \cdot 10^{-6}$

Величина потенциального риска  $P_i$  (год-1) в  $i$ -ом помещении здания объекта определяется по формуле:

$$P_i = \sum_{j=1} Q_j \cdot Q_{dij}, \quad (34)$$

Таблица 16 - Расчет потенциального риска для помещений

	Сценарий_01	Потенциальный риск	
Гараж	$2,11 \cdot 10^{-6}$	$2,11 \cdot 10^{-6}$	
Офисы	$0,42 \cdot 10^{-6}$	$0,42 \cdot 10^{-6}$	



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

$$R_m = \sum_{i=1}^N P_i \cdot q_{im} \quad (35)$$

Расчет индивидуального риска приведен в таблице 30.

Таблица 17 - Расчет индивидуального риска

Работник	Помещение	Вероятность присутствия	Потенциальный риск	Индивидуальный риск работника
Работники гаража				$0,49 \cdot 10^{-6}$
	Гараж	0,226	$2,11 \cdot 10^{-6}$	$0,478 \cdot 10^{-6}$
	Офисы	0,028	$0,42 \cdot 10^{-6}$	$0,012 \cdot 10^{-6}$
Работники офисов				$0,16 \cdot 10^{-6}$
	Гараж	0,028	$2,11 \cdot 10^{-6}$	$0,06 \cdot 10^{-6}$
	Офисы	0,226	$0,42 \cdot 10^{-6}$	$0,096 \cdot 10^{-6}$

Максимальная величина индивидуального пожарного риска составляет:

- $R_m = 0,49 \cdot 10^{-6}$  – для работников гаража;
- $R_m = 0,16 \cdot 10^{-6}$  – для работников офисов.

### **3.3 Потенциальный пожарный риск на территории объекта и в селитебной зоне вблизи нефтебазы**

Расчет по оценке пожарного риска выполнен по «Методике определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах» (утв. приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404, с изменениями, утв. приказом МЧС России от 14 декабря 2010 г. № 649).

Методика принята на основании Постановления Правительства Российской Федерации, которое устанавливает порядок проведения расчетов по оценке пожарного риска в соответствии с Федеральным законом № 123.

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

Количественной мерой возможности реализации пожарной опасности объекта является риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара.

Риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара на объекте характеризуется числовыми значениями индивидуального и социального пожарных рисков.

Расчет значений индивидуального и социального пожарных рисков в зданиях и на территории Объекта, а также в селитебной зоне вблизи Объекта проводится с использованием в качестве промежуточной величины значения, соответствующего потенциального пожарного риска.

Величина потенциального пожарного риска  $P(a)$  (год<sup>-1</sup>) (далее – потенциальный риск) в определенной точке ( $a$ ) как на территории Объекта, так и в селитебной зоне вблизи Объекта определяется по формуле:

$$P_{(a)} = \sum_{j=1}^J Q_{dj}(a) \cdot Q_j, \quad (36)$$

где  $J$  - число сценариев развития пожароопасных ситуаций (пожаров, ветвей логического дерева событий);

$Q_{dj}(a)$ - условная вероятность поражения человека в определенной точке территории ( $a$ ) в результате реализации  $j$ -го сценария развития пожароопасных ситуаций, отвечающего определенному иницирующему аварии событию;

$Q_j$  - частота реализации в течение года  $j$ -го сценария развития пожароопасных ситуаций, год<sup>-1</sup>.

Условные вероятности поражения человека  $Q_{dj}(a)$  определены по значениям пробит-функций.

При расчете риска рассматривались различные метеорологические условия с типичными направлениями ветров и ожидаемой частотой их возникновения.

При проведении расчета риска рассматривались различные пожароопасные ситуации, определены зоны поражения опасными факторами пожара, взрыва и частоты реализации указанных пожароопасных ситуаций. Территория разделена на зоны, внутри которых величины  $P(a)$  полагаются одинаковыми.

Условная вероятность поражения человека  $Q_{dj}(a)$  от совместного независимого воздействия несколькими опасными факторами в результате реализации  $j$ -го сценария развития пожароопасных ситуаций определена по формуле:

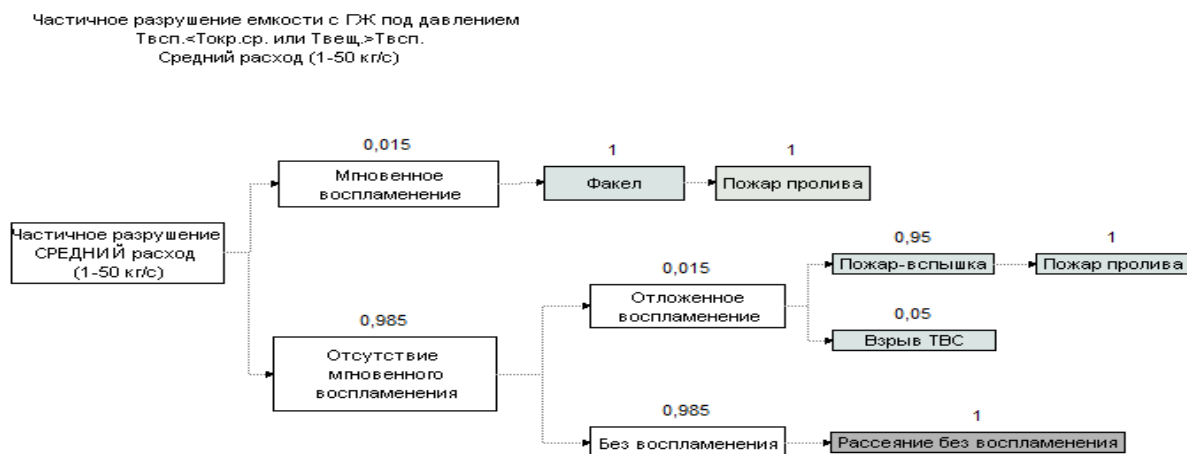
$$Q_{dj}(a) = 1 - \prod_{k=1}^h (1 - Q_k \cdot Q_{djk}(a)) \quad (37)$$

где  $h$  - число рассматриваемых опасных факторов;

$Q_k$  - вероятность реализации  $k$ -го опасного фактора;

$Q_{djk}(a)$  - условная вероятность поражения  $k$ -ым опасным фактором.

Деревья исходов для различных событий показаны на рисунке 27-28.



Частичное разрушение емкости с ГЖ под давлением  
 $T_{всп} < T_{окр. ср.}$  или  $T_{вещ.} > T_{всп.}$   
 Малый расход ( $< 1 \text{ кг/с}$ )

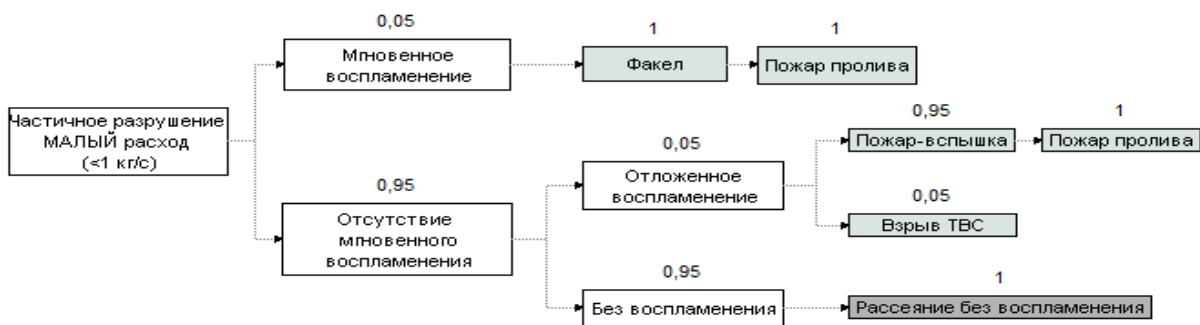
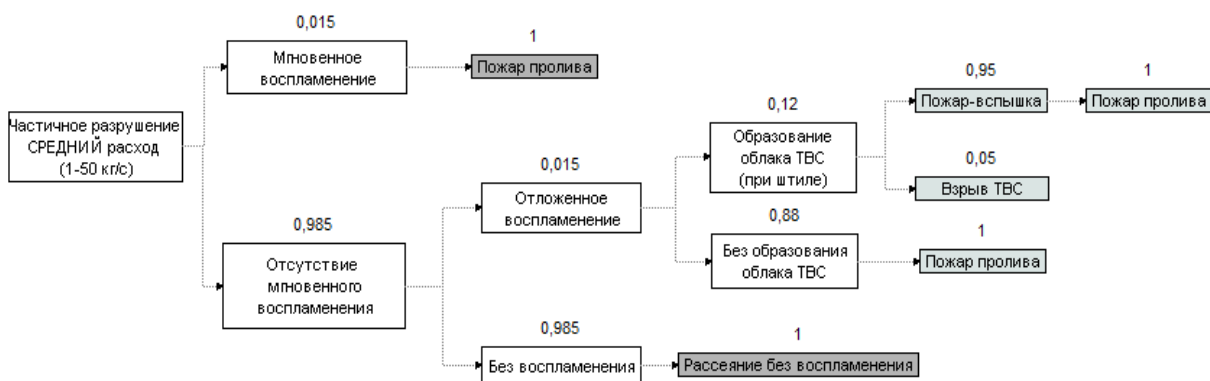


Рисунок 27 - Деревья исходов для различных событий

Частичное разрушение емкости с ГЖ при давлении  
 близком в атмосферному  
 $T_{всп.} < T_{окр. ср.}$  или  $T_{вещ.} > T_{всп.}$   
 Средний расход (1-50 кг/с)



Частичное разрушение емкости с ГЖ при давлении  
 близком в атмосферному  
 $T_{всп.} < T_{окр. ср.}$  или  $T_{вещ.} > T_{всп.}$   
 Малый расход ( $< 1 \text{ кг/с}$ )



Полное разрушение емкости с ГЖ  
при давлении близком к атмосферному  
Твсп.<Токр.ср. или Твещ.>Твсп.

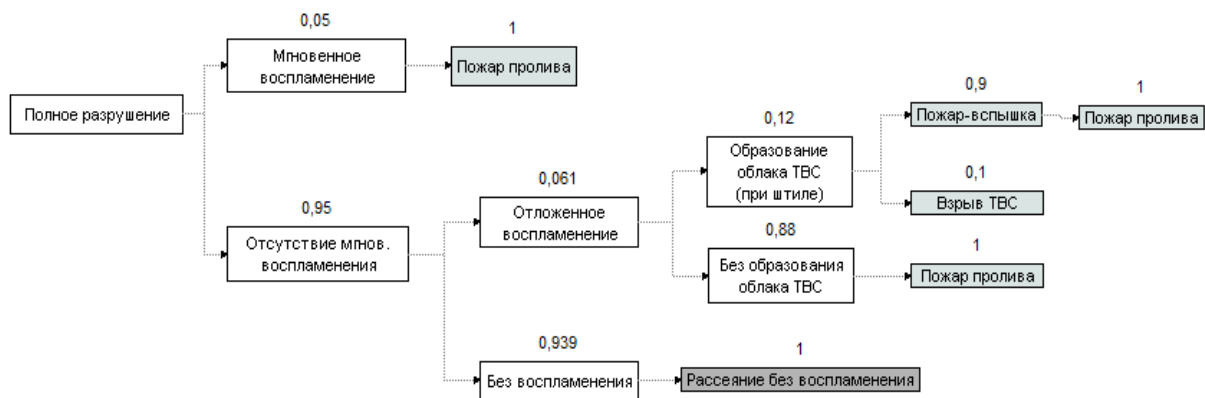


Рисунок 28 -Деревья исходов для различных событий

Сценарии аварий приведены в таблице 18.

Таблица 18 - Сценарии аварий

№ сценария аварии	Опасное явление	Состояние оборудования	Оборудование	Площадный объект	Площадь отверстия разгерметизации, м2	Частота сценария, 1/год	Коллективный риск для сценария, 1/год*чел	Индивидуальный риск для сценария, 1/год
1	Горизонтальный факел	Разрушение цистерны 2	Цистерна 2	Железнодорожная эстакада	$4,91 \cdot 10^{-04}$	$9,30 \cdot 10^{-08}$	$5,10 \cdot 10^{-09}$	$3,91 \cdot 10^{-12}$
2	Взрыв ТВС	Разрушение РВС-1000 (1)	РВС-1000 (1)	Парк РВС	$7,85 \cdot 10^{-08}$	$2,90 \cdot 10^{-09}$	$9,41 \cdot 10^{-09}$	$7,21 \cdot 10^{-12}$
3	Взрыв ТВС	Разрушение РВС-1000 (1)	РВС-1000 (1)	Парк РВС	-	$3,48 \cdot 10^{-09}$	$1,59 \cdot 10^{-08}$	$1,22 \cdot 10^{-11}$
4	Горизонтальный факел	Разрушение цистерны 1	Цистерна 1	Железнодорожная эстакада	$1,96 \cdot 10^{-05}$	$2,00 \cdot 10^{-06}$	$7,67 \cdot 10^{-09}$	$5,8 \cdot 10^{-12}$
5	Горизонтальный факел	Разрушение цистерны 1	Цистерна 1	Железнодорожная эстакада	$1,23 \cdot 10^{-04}$	$5,00 \cdot 10^{-07}$	$9,11 \cdot 10^{-09}$	$6,98 \cdot 10^{-12}$
6	Горизонтальный факел	Разрушение цистерны 1	Цистерна 1	Железнодорожная эстакада	$4,91 \cdot 10^{-04}$	$3,10 \cdot 10^{-07}$	$1,08 \cdot 10^{-08}$	$8,28 \cdot 10^{-12}$
7	Горизонтальный факел	Разрушение цистерны 1	Цистерна 1	Железнодорожная эстакада	$1,96 \cdot 10^{-03}$	$1,90 \cdot 10^{-07}$	$1,28 \cdot 10^{-08}$	$9,84 \cdot 10^{-12}$
8	Горизонтальный факел	Разрушение цистерны 1	Цистерна 1	Железнодорожная эстакада	$7,85 \cdot 10^{-03}$	$8,50 \cdot 10^{-08}$	$1,00 \cdot 10^{-07}$	$7,69 \cdot 10^{-11}$
9	Горизонтальный факел	Разрушение цистерны 6	Цистерна 6	Железнодорожная эстакада	-	$1,56 \cdot 10^{-08}$	$4,80 \cdot 10^{-11}$	$3,68 \cdot 10^{-13}$
10	Горизонтальный факел	Разрушение цистерны 2	Цистерна 2	Железнодорожная эстакада	$1,23 \cdot 10^{-04}$	$5,00 \cdot 10^{-07}$	$1,54 \cdot 10^{-08}$	$1,18 \cdot 10^{-11}$
11	Взрыв ТВС	Разрушение РВС-1000 (2)	РВС-1000 (2)	Парк РВС	$7,85 \cdot 10^{-03}$	$2,90 \cdot 10^{-09}$	$8,04 \cdot 10^{-09}$	$6,16 \cdot 10^{-12}$

№ сценария аварии	Опасное явление	Состояние оборудования	Оборудование	Площадный объект	Площадь отверстия разгерметизации, м <sup>2</sup>	Частота сценария, 1/год	Коллективный риск для сценария, 1/год*чел	Индивидуальный риск для сценария, 1/год
12	Горизонтальный факел	Разрушение цистерны 2	Цистерна 2	Железнодорожная эстакада	$1,96 \cdot 10^{-09}$	$5,70 \cdot 10^{-08}$	$4,49 \cdot 10^{-09}$	$3,44 \cdot 10^{-12}$
2385	Взрыв ТВС	Разрушение Тр150 (2)	Прием Тр150 (2)	Территория нефтебазы	$1,21 \cdot 10^{-04}$	$3,78 \cdot 10^{-08}$	0	0
2386	Взрыв ТВС	Разрушение Тр150 (2)	Прием Тр150 (2)	Территория нефтебазы	$1,23 \cdot 10^{-04}$	$3,78 \cdot 10^{-08}$	0	0
2387	Взрыв ТВС	Разрушение Тр150 (2)	Прием Тр150 (2)	Территория нефтебазы	$1,23 \cdot 10^{-04}$	$3,78 \cdot 10^{-08}$	0	0
2388	Взрыв ТВС	Разрушение Тр150 (2)	Прием Тр150 (2)	Территория нефтебазы	$1,23 \cdot 10^{-04}$	$3,78 \cdot 10^{-08}$	0	0
2389	Взрыв ТВС	Разрушение Тр150 (2)	Прием Тр150 (2)	Территория нефтебазы	$1,23 \cdot 10^{-04}$	$3,78 \cdot 10^{-08}$	0	0
2390	Взрыв ТВС	Разрушение Тр150 (2)	Прием Тр150 (2)	Территория нефтебазы	$1,23 \cdot 10^{-04}$	$3,78 \cdot 10^{-08}$	0	0
Итого по объекту							$1,09 \cdot 10^{-04}$	$8,32 \cdot 10^{-08}$

Таблица 19 -Лица попавшие в зону действия опасных факторов

Положение источника по оси X, м	Положение источника по оси Y, м	Автодорога 1	Автодорога 2	Автодорога 3	Окружение 3	Окружение СВ	Окружение ВД	Окружение ВБ	Территория нефтебазы	Парк РВС	Железнодорожная эстакада	Площадка налива автоцистерн	Проходная	АБК	Операторная	Итого по сценариям
1,15+03	7,02+02	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
1,18+03	6,22+02	0	2	0	0	0	0	7	1	2	1	3	0	14	1	31
1,18+03	6,22+02	0	6	0	0	0	0	37	1	2	1	3	0	14	1	65
1,14+03	7,04+02	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
1,14+03	7,04+02	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	2	1	8
1,21+03	6,95+02	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
1,20+03	6,20+02	0	2	0	0	0	0	10	1	2	1	3	0	2	1	22
1,15+03	7,02+02	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	5
1,17+03	7,01+02	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
1,17+03	7,01+02	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3
1,17+03	7,01+02	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	4
1,18+03	6,99+02	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
1,15+03	6,58+02	0	7	0	0	0	0	51	1	2	1	3	0	14	1	80
1,21+03	6,95+02	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3
1,17+03	6,48+02	0	4	0	0	0	0	23	1	2	1	3	0	14	1	49
1,17+03	6,48+02	0	6	0	0	0	0	53	1	2	1	3	0	14	1	81
1,18+03	6,22+02	0	0	0	0	0	0	3	1	2	1	3	0	2	1	13
1,20+03	6,20+02	0	5	0	0	0	0	40	1	2	1	3	0	14	1	67
1,17+03	6,58+02	0	3	0	0	0	0	25	1	2	1	3	0	14	1	50
1,17+03	6,58+02	0	6	0	0	0	0	55	1	2	1	3	0	14	1	83
1,17+03	6,02+02	0	1	0	0	0	0	4	1	2	1	3	0	2	1	15
1,17+03	6,02+02	0	3	0	0	0	0	6	1	2	1	3	0	9	1	26
1,17+03	6,02+02	0	6	0	0	0	0	32	1	2	1	3	0	14	1	60
1,20+03	6,20+02	0	0	0	0	0	0	7	1	2	1	3	0	0	0	14
1,18+03	6,99+02	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	5
1,15+03	6,58+02	0	4	0	0	0	0	22	1	2	1	3	0	14	1	48
1,19+03	6,97+02	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2
1,20+03	6,00+02	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3
1,18+03	6,99+02	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3
1,19+03	6,97+02	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	3

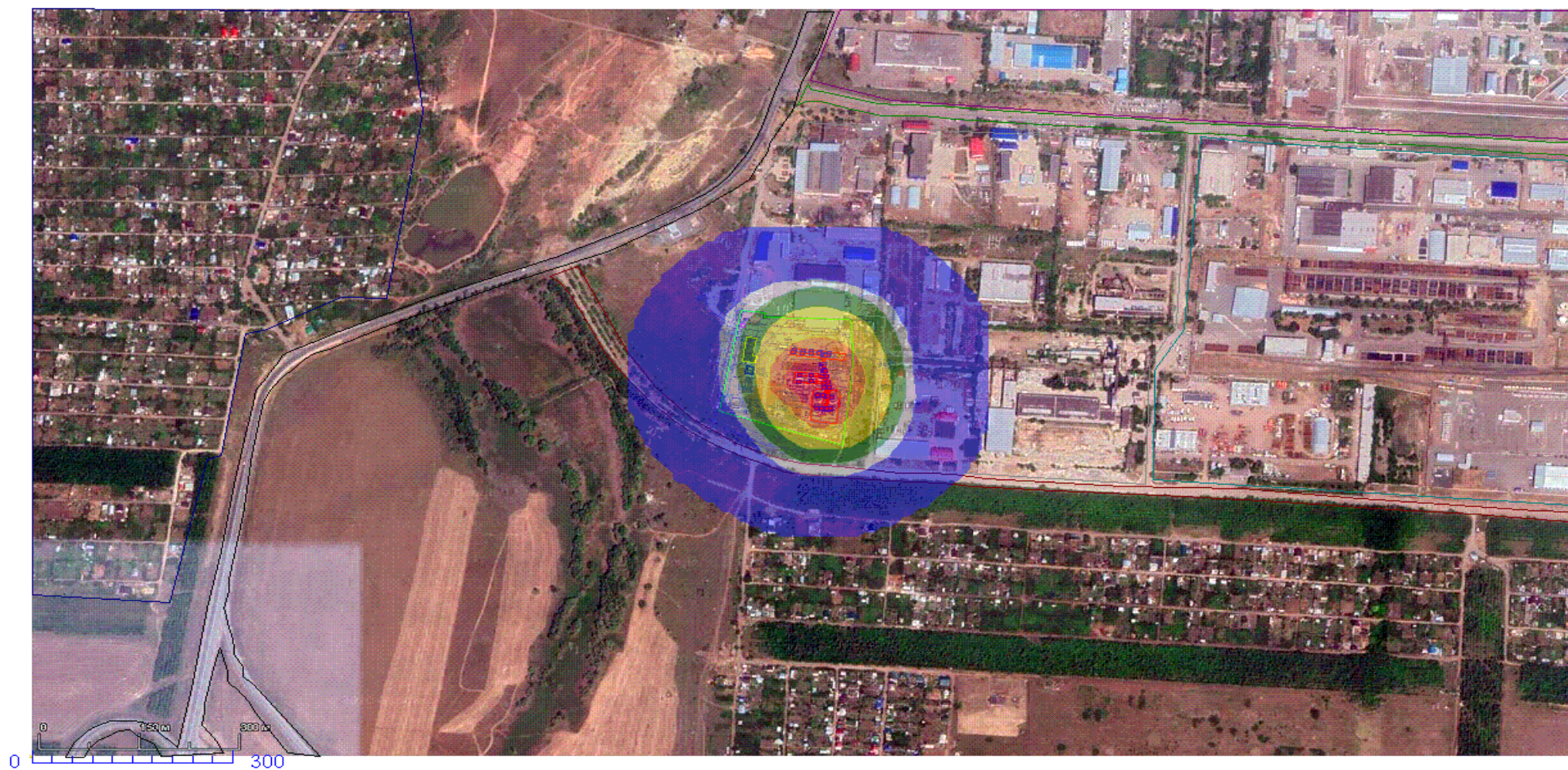
Таблица 20 - Группа физических лиц персонал

№ п/п	Наименование слоя	Число одновременно находящихся людей	Число рискующих	Кэф. присутствия	Коэффициенты защищенности от			Коллективный риск, чел/год	Индивидуальный риск, 1/год
					токсикки	взрывов	термического воздействия		
1.	Территория нефтебазы	1	1	1.00	0.00	0.00	0.00	$4.19 \cdot 10^{-06}$	$4.19 \cdot 10^{-06}$
2.	Парк РВС	2	2	1.00	0.00	0.00	0.00	$3.10 \cdot 10^{-05}$	$1.55 \cdot 10^{-05}$
3.	Железнодорожная эстакада	1	1	1.00	0.00	0.00	0.00	$6.10 \cdot 10^{-06}$	$6.10 \cdot 10^{-06}$
4.	Площадка налива автоцистерн	3	3	1.00	0.00	0.00	0.00	$6.57 \cdot 10^{-05}$	$2.19 \cdot 10^{-05}$
5.	Проходная	3	3	1.00	0.00	0.00	0.00	$0.00 \cdot 10^{-00}$	$0.00 \cdot 10^{-00}$
6.	АБК	14	14	1.00	0.00	0.00	0.00	$9.77 \cdot 10^{-07}$	$6.98 \cdot 10^{-08}$
7.	Операторная	1	1	1.00	0.00	0.00	0.00	$9.19 \cdot 10^{-08}$	$9.19 \cdot 10^{-08}$
Итого		25	25	1.00	0.00	0.00	0.00	$1.1 \cdot 10^{-04}$	$4.3 \cdot 10^{-06}$

Таблица 21 -Группа физических лиц третьи лица

№ п/п	Наименование слоя	Число одновременно находящихся людей	Число рискующих	Кэф. присутствия	Коэффициенты защищенности от			Коллективный риск, чел/год	Индивидуальный риск, 1/год
					токсикки	взрывов	термического воздействия		
1.	Автодорога 1	40	40	1.00	0.00	0.00	0.00	$0.00 \cdot 10^{-00}$	$0.00 \cdot 10^{-00}$
2.	Автодорога 2	20	20	1.00	0.00	0.00	0.00	$5.54 \cdot 10^{-09}$	$2.77 \cdot 10^{-10}$
3.	Автодорога 3	20	20	1.00	0.00	0.00	0.00	$0.00 \cdot 10^{-00}$	$0.00 \cdot 10^{-00}$
4.	Окружение З	400	400	1.00	0.00	0.00	0.00	$0.00 \cdot 10^{-00}$	$0.00 \cdot 10^{-00}$
5.	Окружение СВ	200	200	1.00	0.00	0.00	0.00	$0.00 \cdot 10^{-00}$	$0.00 \cdot 10^{-00}$
6.	Окружение ВД	400	400	1.00	0.00	0.00	0.00	$0.00 \cdot 10^{-00}$	$0.00 \cdot 10^{-00}$
7.	Окружение ВБ	200	200	1.00	0.00	0.00	0.00	$4.77 \cdot 10^{-07}$	$2.39 \cdot 10^{-09}$
Итого		1280	1280	1.00	0.00	0.00	0.00	$4.8 \cdot 10^{-07}$	$3.8 \cdot 10^{-09}$





№	уровень	цвет	интервал
1	1.000 e-15	Blue	1.000E-015 - 1.000E-009
2	1.000 e-09	Light Blue	1.000E-009 - 1.000E-008
3	1.000 e-08	Green	1.000E-008 - 1.000E-007
4	1.000 e-07	Yellow	1.000E-007 - 1.000E-006
5	1.000 e-06	Orange	1.000E-006 - 1.000E-005
6	1.000 e-05	Red	1.000E-005 - 2.911E-005

Рисунок 29 - Ситуационный план аварийной ситуации

Группа физических лиц (персонал и третьи лица) приведены в таблицах 20, 21.

Ситуационный план аварийной ситуации показан на рисунке 29.

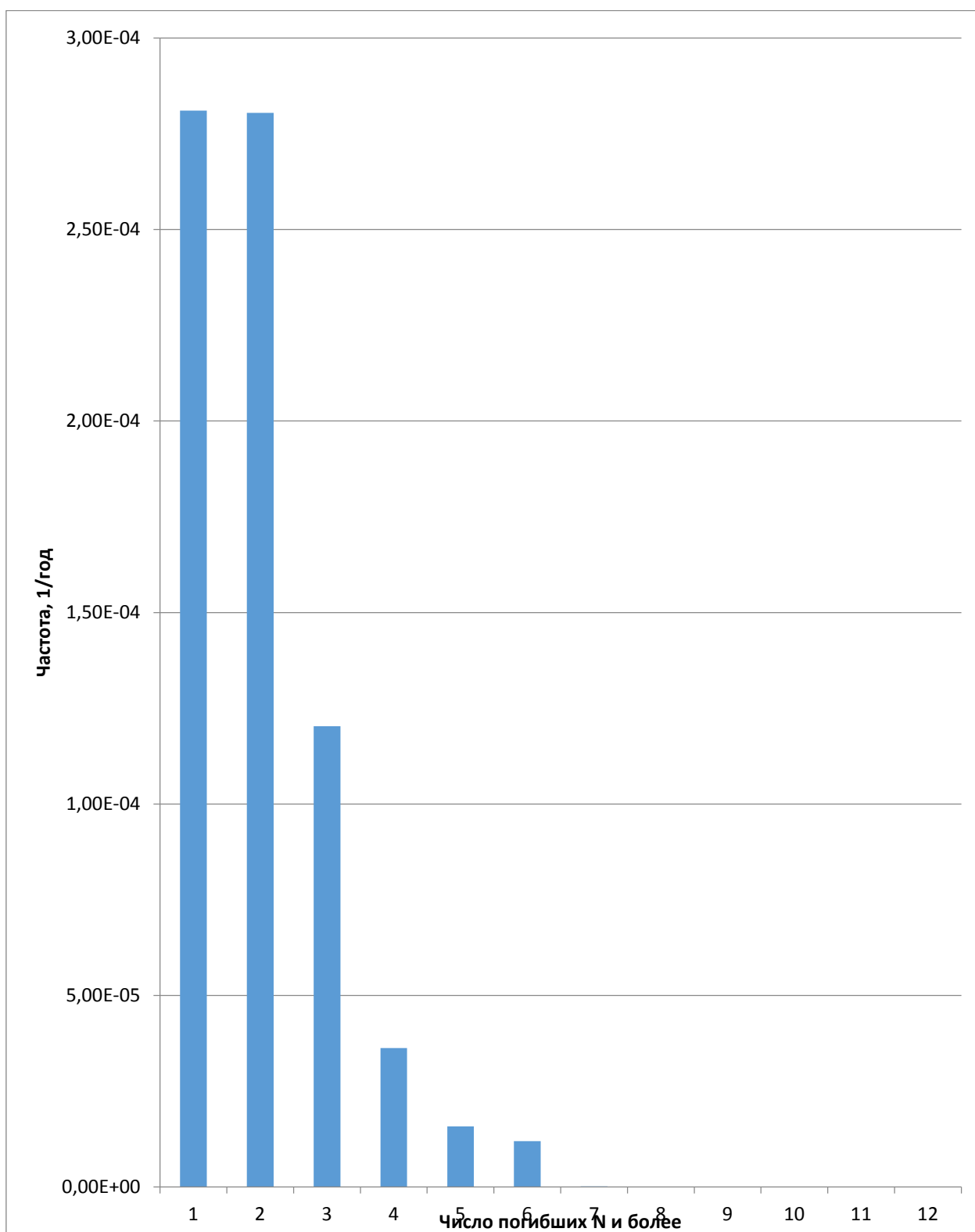


Рисунок 30 -Диаграмма F-N. Группа физических лиц: персонал

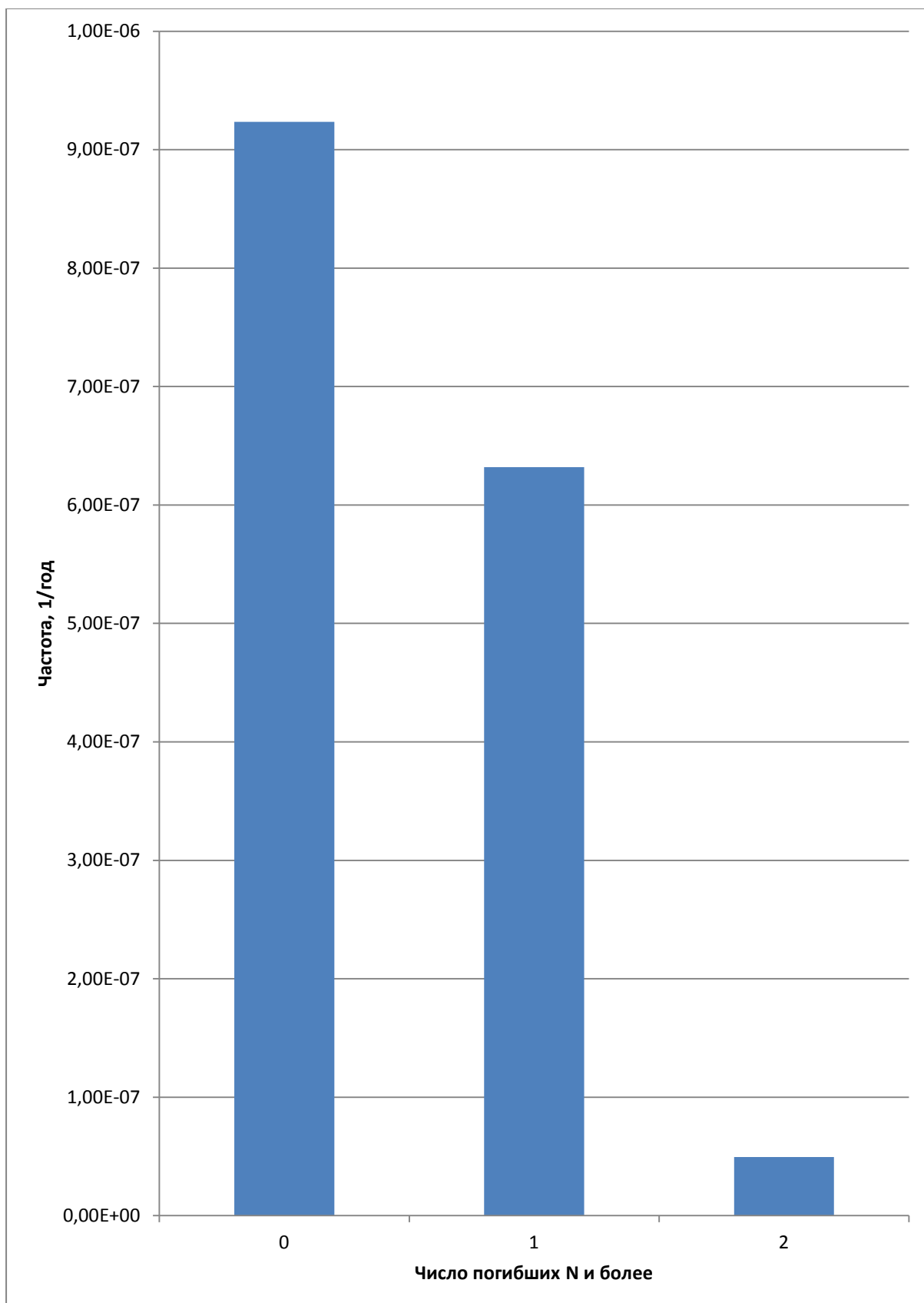


Рисунок 31 - Диаграмма F-N. Группа физических лиц: третьи лица

Таблица 22 - Индивидуальный пожарный риск

	Число рискующих	Коллективный риск для площадного объекта, 1/год*чел	Индивидуальный риск для площадного объекта, 1/год
Объект	25	$1,08 \cdot 10^{-04}$	$4,32 \cdot 10^{-06}$
Селитебная зона	1280	$4,83 \cdot 10^{-07}$	$3,77 \cdot 10^{-10}$

Индивидуальный пожарный риск на объекте:  $4,32 \times 10^{-6}$

Индивидуальный пожарный риск в селитебной зоне:  $3,77 \times 10^{-10}$

Социальный пожарный риск:  $5,88 \times 10^{-8}$

Таблица 23 - Сценарии, в которых количество погибших 10 и более человек:

№ сценария аварии	Частота сценария, 1/год	Итого по сценариям
2	$2,90 \cdot 10^{-09}$	10
3	$3,48 \cdot 10^{-09}$	10
11	$2,90 \cdot 10^{-09}$	10
21	$3,48 \cdot 10^{-09}$	14
27	$7,80 \cdot 10^{-09}$	11
28	$2,90 \cdot 10^{-09}$	13
29	$3,48 \cdot 10^{-09}$	13
31	$2,90 \cdot 10^{-09}$	14
32	$3,48 \cdot 10^{-09}$	10
33	$7,80 \cdot 10^{-09}$	10
34	$2,90 \cdot 10^{-09}$	14
35	$3,48 \cdot 10^{-09}$	14
38	$3,48 \cdot 10^{-09}$	10
41	$7,80 \cdot 10^{-09}$	11
$5,87808 \cdot 10^{-08}$		

**По результатам третьего раздела сделаны следующие выводы**

Проведен расчет величины индивидуального пожарного риска в здании на территории нефтебазы.

Проведен расчет времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Исследованы особенности организации эвакуации людей с территории базы хранения нефтепродуктов и обоснована необходимость разработки новых решений для обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре с территории нефтебазы.

Проведено вычисление потенциального и социального пожарного риска на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта.

Согласно проведенным расчетам по оценке пожарного риска (с учетом выполнения компенсационных мероприятий), числовые значения индивидуальных и социальных пожарных рисков, соответствуют нормативным значениям пожарных рисков, установленные ФЗ № 123 [28].

## Заключение

Результатом выполненного исследования, является организация безопасной эксплуатации базы хранения нефтепродуктов, с предложением и разработкой новых инновационных мероприятий для обеспечения пожарной безопасности Оренбургской базы хранения нефтепродуктов ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт», расположенной по адресу: г. Оренбург, ул. Донгузская, 68а.

В ходе исследования были изучены статистические данные об авариях на подобных объектах. Анализ пожаров показал, что основными причинами их возникновения являются: отказы (неполадки оборудования), ошибочные действия персонала, внешние факторы.

Поставленные задачи исследования выполнены в полном объеме:

- проведен анализ существующих нормативных требований пожарной безопасности к эксплуатационным базам хранения нефтепродуктов;

Научная новизна исследования состоит в применении новых инновационных мероприятий, по применению новых систем пожаротушения.

### **По результатам первого раздела сделаны следующие выводы**

Проведен анализ исходных данных Оренбургской базы хранения нефтепродуктов ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт».

Изучена пожарная характеристика объектов защиты базы хранения нефтепродуктов на соответствие с нормативными данными и оценка последствий воздействия опасных факторов пожара.

Проведен анализ систем обеспечения пожарной безопасности зданий на объекте.

В ходе анализа технологической схемы был выделен наиболее опасный сценарий возможного развития пожароопасной ситуации:

- разрушение автоцистерны с бензином на площадке налива автоцистерн.

Предварительный расчет пожарного риска, при существующих нарушениях в области пожарной безопасности на объекте показал, что числовые значения индивидуального и социального пожарных рисков не соответствуют нормативным значениям.

Расчет риска в третьем разделе будет проведен с учетом выполненных компенсационных мероприятий на объектах Оренбургской базы хранения нефтепродуктов.

**По результатам второго раздела сделаны следующие выводы.**

Проведен анализ систем контроля и обеспечения пожарной безопасности объекта.

В основу обеспечения пожарной безопасности нефтебазы заложены, организационные мероприятия, которые затем реализуются технически по четко разработанному плану противопожарной защиты объекта (в соответствии с техническими заданиями, приказами и инструкциями о мерах пожарной безопасности).

Разработаны организационные мероприятия включающие меры (правила) пожарной безопасности на нефтебазе в виде (приказов, инструкции, положений и т.п.).

Проведен анализ технологического процесса на базе хранения нефтепродуктов, по результатам экспертизы соответствия требованиям противопожарных норм и правил.

Предложены компенсирующие мероприятия по совершенствованию системы противопожарной защиты объекта, для приведения числовых значений индивидуальных и социальных пожарных рисков, в соответствие с нормативным значениям пожарных рисков, установленные ФЗ № 123 [28].

Для повышения огнетушащей эффективности, что определяется временем тушения пламени, руководству нефтебазы предложен способ с применением гранулированного порошкового состава на очаг возникшего загорания.

### **По результатам третьего раздела сделаны следующие выводы**

Проведен расчет величины индивидуального пожарного риска в здании на территории нефтебазы.

Проведен расчет времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Исследованы особенности организации эвакуации людей с территории базы хранения нефтепродуктов и обоснована необходимость разработки новых решений для обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре с территории нефтебазы.

Проведено вычисление потенциального и социального пожарного риска на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта.

Согласно проведенным расчетам по оценке пожарного риска (с учетом выполнения компенсационных мероприятий), числовые значения индивидуальных и социальных пожарных рисков, соответствуют нормативным значениям пожарных рисков, установленные ФЗ № 123 [28].



## Список используемых источников

1. Бадагуев, Б.Т. Пожарная безопасность на предприятии: Приказы, акты, журналы, протоколы, планы, инструкции. 4-е изд., пер. и доп. / Б.Т. Бадагуев. М.: Альфа-Пресс, 2014. 720 с. 46.
2. Горина Л.Н. Производственная практика «Научно-исследовательская работа» по направлению подготовки магистров «Техносферная безопасность»: учеб.-методическое пособие / Л.Н. Горина. – Тольятти: Изд-во ТГУ.
3. Давыдов Д.А. Анализ и исследование пожарной безопасности склада нефтепродуктов ООО «Форус». Разработка мероприятий по улучшению системы пожаротушения резервуарного парка – URL: <http://hdl.handle.net/123456789/8190> (дата обращения: 12.02.2021).
4. ГОСТ Р 12.3.047-98 «Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля».
5. ГОСТ Р 53280.2-2010. Национальный стандарт Российской Федерации. Установки пожаротушения автоматические. Огнетушащие вещества. Часть 2. 115 Пенообразователи для подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах. Общие технические требования и методы испытаний.
6. ГОСТ Р 51043-2002. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний.
7. ГОСТ Р 53325-2009 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний»;
8. ГОСТ Р 53281-2009 «Установки газового пожаротушения автоматические. Модули и батареи. Общие технические требования. Методы испытаний»;
9. ГОСТ Р 53284-2009 «Техника пожарная. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Общие технические требования. Методы испытаний»;

10. ГОСТ Р 53288-2009 «Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Модульные установки пожаротушения тонкораспыленной водой автоматические. Общие технические требования. Методы испытаний»;

11. ГОСТ Р 53289-2009 «Установки водяного пожаротушения автоматические. Оросители спринклерные для подвесных потолков. Огневые испытания»;

12. Кечин В.П. Обзор причин пожаров на объектах нефтегазового комплекса на примере базы хранения нефтепродуктов. Научный электронный журнал «Инновации. Наука. Образование \ Отв. ред. Сафронов А.И. – Тольятти: – 2021.– № 30 (март).– URL: <http://innovjourn.ru> с 510-514 (дата обращения:31.03.2021).

13. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности // Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382 (с изменениями, внесенными Приказами МЧС № 749 от 12.12.2011 г. и № 632 от 02.12.2015 г.).

14. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Электронный ресурс]: приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 (ред. от 02.12.2015). URL: <http://docs.cntd.ru./document/902167776>. (дата обращения: 02.10.2020).

15. О пожарной безопасности: Федеральный закон от 21.12.1994г. N69-ФЗ (ред. от 30.12.2015) [Электронный ресурс]. (дата обращения: 08.12.2020).

16. Патент 2 595 973, Российская Федерация Способ подслоного тушения пожаров нефти и нефтепродуктов в резервуарах [Электронный ресурс]:авторское свидетельство/URL:<http://www1.fips.ru> /wps/ porta l/IPS \_ Ru# 1526537092834. (дата обращения: 08.12.2020).

17. Постановление Правительства РФ от 16сентября 2020 г. N 1479 «О противопожарном режиме».

18. Пожары и пожарная безопасность в 2019 году: Статистический сборник. Под общей редакцией Д.М. Гордиенко. М.: ВНИИПО, 2020. 80 с.

19. Рашоян И.И., Бруннер Т.А. Анализ частоты пожаров в зданиях различного функционального назначения// Проблемы управления рисками в техносфере. – 2017. – №4. – С. 26-30.

20. Сидоренко О.В. Пути повышения эффективности тушения пожаров на АЗС URL: <http://hdl.handle.net/123456789/1308> (дата обращения: 12.02.2021).

21. СП 155.13130.2014.Склады нефти и нефтепродуктов. Требования пожарной безопасности.

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

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

24. СП 7.13130.2013 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Свод Правил / приказ МЧС России от 21.02.2013 № 116 (Изменение № 1 – приказ МЧС России от 27.02.2020 № 119, Изменение № 2 – приказ МЧС России от 12.03.2020 № 152). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200098833> (дата обращения: 20.09.2020).

25. СП 10.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс]: Свод Правил / приказ МЧС России от 27.07.2020 № 559 URL: <http://docs.cntd.ru/document/566249684>(дата обращения: 12.02.2021).

26. СП 8.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Свод Правил / приказ МЧС России от 30.03.2020 № 225. URL: <http://docs.cntd.ru/document/565391175> (дата обращения: 16.10.2020).

27. Таблица 3.5 Режим работы работников объекта - общие положения [Электронный ресурс]: <http://dop.uchebalegko.ru> с 2-12 (дата обращения: 14.01.2021).

28. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123–ФЗ (ред. от 29.07.2017) . URL: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_40987/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40987/) (дата обращения: 12.10.2020).

29. Burke, R. Fire Protection: Systems and Response. / Robert Burke. – CRC. : 2007.

30. Grimwood, P. Euro Firefighter: Global Firefighting Strategy and Tactics, Command and Control and Firefighter Safety [Text] / P.Grimwood. - JEREMY MILLS PUB. : 2008.

31. Cluzel D., Sarrat P. Methode ERIC.Evaluation du RisqueIncendie par le Calcul. In: Proc. CIB Symposium on Systems Approach to Fire Safety in Buildings, Vol. I, p. II/37 — II/58 [Текст] - 12 с-2009;

32. Gorbett, G. E. Fire Dynamics [Text] / G. E. Gorbett, J. L. Pharr, Rockwell S. - Pearson Education (US).: 2016.

33. Overview of the CFAST fire model.  
<http://www.bfrl.nist.gov/864/hazard/cfast.html>