

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего  
образования  
«Тольяттинский государственный университет»

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление пожарной безопасностью

(направленность)

## **ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему: Исследование и разработка мероприятий для обеспечения пожарной безопасности на объектах ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт» на примере автомобильной заправочной станции

Студент

М.В. Рубашина

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный

к.т.н., И. И. Рашоян

руководитель

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

Тольятти 2021

## Содержание

Введение.....	4
Термины и определения.....	10
Перечень обозначений и сокращений.....	11
Порядок определения пожарного риска на автозаправочной станции №56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт».....	12
1.1 Аналитический обзор проблемы пожарной безопасности АЗС.....	12
Анализ исходных данных автозаправочной станции № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт».....	13
Анализ технологического оборудования на автозаправочной станции №56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт».....	17
Определение расчетных величин пожарного риска на объекте.....	23
Определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса влекущих за собой гибель людей и	
Определение частоты реализации пожарной ситуации на объекте.....	26
Построение полей опасных факторов пожара (ОФП) для различных сценариев его развития.....	27
Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара (ОФП) на людей, для различных сценариев его развития.....	35
Р	
Анализ систем контроля и обеспечения пожарной безопасности объекта.....	40
Анализ наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий на объекте.....	44
б Внедрение новых технических методов (оборудования) систем контроля и о обеспечения пожарной безопасности объекта на основе инновационных т решений.....	50
к	
а	

3 Расчет величин пожарного риска на объекте.....	54
3.1. Расчет величины пожарного риска в зданиях и на территории объекта.....	54
3.2 Расчет времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.....	54
3.3 Потенциальный пожарный риск на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта.....	67
Заключение.....	79
Список используемых источников.....	82

## Введение

Автозаправочные станции (АЗС) предназначены для заправки автотранспортных средств топливом. АЗС являются важнейшим звеном в системе обеспечения нефтепродуктами, представляют собой сложные инженерные сооружения, оборудованные комплексом автоматизированных систем обеспечения технологического процесса, приема, хранения топлив, а также системами пожаротушения и эвакуации людей [22].

В современных условиях, с увеличением прохождения потока транспортных средств через АЗС, соответственно происходит увеличение оборота топлива, что приводит к возможности увеличения причин возникновения пожароопасных ситуаций.

Наибольшую опасность представляют аварии, связанные с возникновением очага возгорания на АЗС, ввиду повышенной концентрации на малой площади большого количества автотранспорта и легковоспламеняющихся жидкостей, а также людей, в местах сервисного обслуживания.

Особенно тяжело управляемыми чрезвычайными ситуациями, являются пожары, происходящие в резервуарных парках, которые входят в технологические схемы АЗС, связанных с хранением и реализацией углеводородных продуктов.

Характерными последствиями, связанными с пожарами на АЗС, является гибель людей, огромный экономический ущерб.

Актуальность и научная значимость темы исследования состоит в обеспечении пожарной безопасности, которая является одной из важнейших функций противопожарного режима, а также в степени ее важности, на данный момент и в данной ситуации, для решения проблем, вопросов или задач, по нахождению более действенных методов и практических мероприятий по совершенствованию противопожарного состояния АЗС в современных условиях эксплуатации.

В современных условиях эксплуатации автомобильных заправочных станций, системы оповещения и эвакуации людей, а также системы пожаротушения, не отвечают современным требованиям, в результате чего увеличивается количество пожаров на объектах реализации и хранения нефтепродуктов. Поэтому, для уменьшения возникновения пожаров на объектах, необходимо применять новые, инновационные системы в области пожарной безопасности.

Объектом исследования являются мероприятия для обеспечения пожарной безопасности в современных условиях эксплуатации.

Исследование проводилось на примере автомобильной заправочной станции № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт», расположенной по адресу: г. Оренбург, ул. Терешковой, 150/4.

Предметом исследования являются:

- результаты обследования действующей системы противопожарной защиты АЗС;
- проведение теоретических и экспериментальных исследований систем пожаротушения и средств сигнализации на объекте;
- исследование и разработка мероприятий для обеспечения пожарной безопасности АЗС;
- применение разработанного проекта технического решения по внедрению модульной системы пожаротушения, направленного на улучшение пожарной безопасности автозаправочной станции.

Целью исследования по выполнению работы является непосредственно моделирование пожарной ситуации, расчет величин пожарного риска, определение ключевых составляющих процессов ликвидации возгораний нефтепродуктов, основных требований к системам мониторинга пожаротушения нефтепродуктов, что в конечном итоге приводит к улучшению противопожарного состояния АЗС.

Гипотеза исследования состоит в том, что разработка противопожарных мероприятий, проведенная на основе инновационных решений и расчетов,

минимизирует уровень пожарных рисков на территории автозаправочной станции.

Для достижения поставленной цели необходимо решать следующие задачи:

- составление характеристики объекта защиты с оценкой мероприятий защиты по пожарной безопасности;
- проведение определения расчетных величин пожарного риска и моделировании пожарной ситуации на АЗС;
- разработка мероприятий по снижению пожарного риска и их экономическая эффективность.

Теоретической и методологической базой исследования являлись информационные источники периодических научно-технических изданий, научные монографии, учебная литература; законодательные, нормативно правовые акты Российской Федерации в области пожарной безопасности, пожарной тактики, проектная документация и техническая документация на технологическое оборудование.

Базовыми для настоящего исследования являются также проектная документация на автомобильную заправочную станцию, документация на установки и технологическое оборудование.

Методы исследования включают программу научного исследования, представляющую собой логически построенный алгоритм действий, который позволяет связать все элементы работы в единое целое и выполняет различные функции:

- методологическая определяет цели и задачи проекта, постановки проблемы, выдвижении гипотезы и определения оптимальных методов исследования;
- методическая определяет, где и что описать, как показать или доказать, какие материалы использовать и пр.;
- организационная определяет поручение конкретных действий определенным людям (участникам исследования), распределение

обязанностей между членами коллектива, контроль за ходом исследования.

Методы исследования состоят в разработке методов расчетных величин пожарных рисков, моделирования, повышения эффективности используемых систем пожарной безопасности, эксплуатируемых на АЗС, базирующихся на причинах последствий пожаров на объектах нефтегазовой промышленности, с гибелью людей и причинении значительного материального ущерба.

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

Научная новизна состоит в проведении более качественного моделирования возможного возникновения и развития ОФП на территории АЗС, более углубленного изучения и применения расчетных величин пожарных рисков, с рекомендациями по применению инновационных, инженерно-технических и организационных мероприятий для выполнения условий на более высоком уровне соответствия объекта требованиям пожарной безопасности, что приведет к более высокому уровню противопожарного состояния на АЗС.

Теоретическая значимость работы состоит в разработанных методах на основе инновационных и перспективных инженерных решений, обеспечивающих высокую эффективность противопожарной системы автозаправочной станции.

Практическая значимость исследований опирается на их внедрение в качестве улучшенных технических методов управления пожарными рисками, повышения эффективности системы пожарной безопасности на АЗС.

Практическая значимость работы состоит в возможности дальнейшего использования результатов диссертационного исследования в практических целях применительно к АЗС, с необходимостью выдерживать оптимальные условия.

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 в части обеспечения пожарной безопасности для автозаправочной станции.

Апробацией и внедрением результатов работы является разработка экспертного заключения с проведением расчетов пожарного риска с предложением и установкой на АЗС инновационных, современных систем пожаротушения.

На защиту выносятся:

- практические решения особенностей эвакуации людей и техники с территории АЗС;
- технические решения по применению противопожарных разрывов, в комплексе с проведением расчетов пожарного риска;
- повышение эффективности проводимых мероприятий (применение модульных систем пожаротушения типа «Буран»), для обеспечения пожарной безопасности на автомобильной заправочной станции;
- результаты предполагаемого улучшения эффективности разработанных инновационных инженерно-технических и организационных мероприятий, для выполнения условий соответствия автозаправочной станции, требованиям пожарной безопасности.

Структура работы состоит:

- в изучении и анализе нормативных требований пожарной безопасности, касающиеся объектов нефтегазовой промышленности, автомобильных заправочных станций;
- в оценке моделирования, применения расчетных величин пожарных рисков, функционирования действующей системы противопожарной защиты АЗС;



- в результатах предполагаемого улучшения эффективности моделирования, применения расчетных величин пожарных рисков по повышению управления пожарными рисками, методов функционирования системы пожарной безопасности АЗС.

Структура магистерской диссертации состоит из введения, 3 разделов, заключения, содержит 23 рисунка, 18 таблиц, список используемой литературы (33 источника). Основной текст работы изложен на 86 страницах.

## Термины и определения

Для целей настоящей работы используются основные понятия, установленные статьей 2 Технического регламента [28], а также следующие термины и определения:

- авария – разрушение сооружения и/или технических устройств, применяемых на производственном объекте, с выбросом горючих веществ;
- индивидуальный пожарный риск - пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара;
- огненный шар – крупномасштабное диффузионное пламя, реализуемое при сгорании парогазового облака с концентрацией горючего выше верхнего концентрационного предела распространения пламени. Такое облако может быть реализовано, например, при разрыве резервуара с горючей жидкостью или газом, под давлением с воспламенением содержимого резервуара;
- потенциальный пожарный риск - частота реализации опасных факторов пожара в рассматриваемой точке территории;
- социальный пожарный риск — степень опасности, ведущей к гибели группы людей в результате воздействия опасных факторов пожара;
- требования пожарной безопасности - специальные условия социального и (или) технического характера, установленные в целях обеспечения пожарной безопасности федеральными законами и иными нормативными правовыми актами Российской Федерации, а также нормативными документами по пожарной безопасности.

## Перечень обозначений и сокращений

В данной работе используются следующие обозначения и сокращения:

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;

СПДЗ – система противодымной защиты;

ОФП – опасные факторы пожара;

ГПВО – газопаровоздушное облако;

ГЖ – горючая жидкость;

ЛВЖ – легковоспламеняющаяся жидкость.

## **1. Порядок определения пожарного риска на автозаправочной станции № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт»**

### **Аналитический обзор проблемы пожарной безопасности АЗС**

В классификации видов чрезвычайных ситуаций (далее ЧС), пожары являются одними из распространенных в современном мире, с непредсказуемыми последствиями, человеческими жертвами и нанесением непоправимого ущерба населению и государству.

Вследствие этого, с давних времен, стали приниматься меры по локализации и ликвидации возникающих пожаров разных уровней, максимально быстро и с минимальным ущербом.

Наиболее эффективным способом ликвидации аварийных ситуаций является комплекс мероприятий по раннему предупреждению аварийной ситуации с возможностью возникновения пожара [15].

Явления с возникновением пожара на автозаправочных станциях (далее АЗС), в большей степени связаны с концентрацией большого количества легковоспламеняющихся жидкостей на небольшой территории.

Авторами статей проводятся исследования аварийных ситуаций на АЗС, рассчитываются допустимость и последствия их возникновения. Также авторами предложено решение проблемы аварийных ситуаций, а, следовательно, даны рекомендации по снижению воздействия негативных факторов от возникновения аварии на окружающую среду [1], [17].

Проблема с ЧС, связанными с возникновением пожара или, что еще более опасно, с взрывом на АЗС заключается не только в сложности ликвидации последствий аварии, но и в нанесении колоссального ущерба окружающей среде и экономике страны, организаций. С каждым годом с развитием технологий, направленных на предотвращение чрезвычайных

ситуаций, количество пожаровзрывоопасных ситуаций значительно сокращается. Этой тенденции также способствует постоянно обновляемая нормативно-правовая база [3].

### **Анализ исходных данных автозаправочной станции № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт»**

Автозаправочная станция № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт», расположенная по адресу: г. Оренбург, ул. Терешковой, моторного топлива (далее – объект защиты) [2].

Территория автозаправочной станции № 56048 показана на рисунке 1-2.



**Рисунок 1 - Территория автозаправочной станции № 56048  
ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт»**

Объект защиты состоит из здания операторной, четырех подземных резервуаров для топлива общей вместимостью 240000 м<sup>3</sup>, резервуара для аварийного слива вместимостью 25 м<sup>3</sup>, подземных разводов топливопровода,

очистных сооружений, площадки для слива автоцистерн, пяти топливозаправочных островков, пяти ТРК, навеса, хозяйственной площадки для контейнеров с мусором.



Рисунок 2 - Территория автозаправочной станции № 56048  
ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт»

Объем хранимого топлива:

- бензин АИ-92 экто – 46,7 м<sup>3</sup> РГС-50 №1;
- бензин АИ-95 – 38,0 м<sup>3</sup> РГС-35 №2;
- дизельное топливо ДТ экто – 21,0 м<sup>3</sup> РГС-20 №3;
- бензин АИ-95экто – 22,0 м<sup>3</sup> РГС-20 №4.

Е

Площадь участка – 1552 м<sup>2</sup>.

Площадь застройки – 249,2 м<sup>2</sup>.

о

П

и

Высота здания – 3,20 м.

ф

Высота помещения – 2,70 м.

щ

а

д

в

Численность одновременно находящихся человек –5.

Режим работы – круглосуточно.

На основании требований таблицы №21 ФЗ №123 от 22.07.2008 года «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» пределы огнестойкости строительных конструкций соответствуют 2-й степени огнестойкости [28].

Класс пожарной опасности строительных конструкций – С0 принят в соответствии с требованиями таблицы №22 ФЗ №123 от 22.07.2008 года «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [28].

В соответствии со ст. 32 ФЗ №123 от 22.07.2008 года «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» объект защиты относится к классу функциональной пожарной опасности Ф 3.1. [28].

Минимальные расстояния между зданиями и сооружениями соответствуют требованиям нормативных документов по пожарной безопасности (таблица №1,2 СП 156.131.30-2013) [22] за исключением:

- расстояние от границы АЗС до лесонасаждений не соответствует требованиям пожарной безопасности;
- расстояние от АЗС до автомобильной дороги не соответствует требованиям пожарной безопасности;
- расстояние от здания операторной до временного строения склада не соответствует требованиям пожарной безопасности.

Проезд пожарной техники предусмотрен в соответствии с требованиями СП 4.13130.2013.

На территорию АЗС предусмотрены отдельные въезд и выезд.

Наружное пожаротушение предусмотрено от пожарного гидранта, расположенного вне границы АЗС (согласно указателям) [27].

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

Из здания операторной предусмотрено устройство двух эвакуационных выходов непосредственно наружу, что соответствует требованиям СП

Ширина и высота эвакуационных выходов соответствуют требованиям СП 1.13130.2020.

Все материалы для отделки остальных путей эвакуации соответствуют требованиям ФЗ-123 [28].

Помещение операторной оборудовано автоматической пожарной сигнализацией и системой оповещения людей о пожаре, в соответствии с требованиями СП 3.13130.2009, СП 5.13130.2009 [23], [24].

В здании операторной предусмотрено устройство систем вентиляции с механическим и естественным побуждением [25].

В здании предусмотрена водяная система отопления, с использованием электрического котла. В качестве отопительных приборов приняты радиаторы с регулированием теплоотдачи, с помощью электронных термостатов.

В соответствии с требованиями СП 10.13130.2020 система внутреннего пожаротушения нормами не предусмотрена. Возможна установка, при наличии ЛВЖ и ГЖ на стеллажах, в торговых и складских помещениях АЗС, самосрабатывающих модулей пожаротушения, согласно защищаемой площади [11].

В соответствии с требованиями приложения 1 ППР РФ предусмотрена защита объекта первичными средствами пожаротушения [19].

Электрооборудование объекта защиты выполнено согласно требованиям правил устройства электроустановок.

Молниезащита объекта защиты выполняется согласно требованиям СО

Основания для проведения расчета величины пожарного риска.

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



- расстояние от границы АЗС до лесонасаждений не соответствует требованиям пожарной безопасности. Фактическое расстояние – 2 метра;
- расстояние от АЗС до автомобильной дороги не соответствует требованиям пожарной безопасности. Фактическое расстояние – 5,1 метра;
- расстояние от здания операторной до временного строения склада не соответствует требованиям пожарной безопасности. Фактическое расстояние – 0,72 метра.

### **Анализ технологического оборудования на автозаправочной станции № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт»**

Основные пожароопасные материалы и вещества, обращающиеся в технологическом процессе с основными параметрами [6]:

Бензин АИ-95:

- класс горючего вещества 3;
- температура вспышки -37.0°C;

Дизельное топливо:

- класс горючего вещества 4;
- температура вспышки 65.0°C;

Бензин АИ-92:

- класс горючего вещества 3;
- температура вспышки -36.0 °C;

Параметры технологических процессов сведены в таблицы 1 – 3

Таблица 1 - Технологическое оборудование с горючими и легковоспламеняющимися жидкостями

Наименование технологического оборудования	Шифр	Обращающееся вещество		Максимальный расход, кг/с	Давление, МПа
		Наименование	Масса, т		
Автоцистерна ЖМТ	АЦ-ЖМТ	Бензин АИ-95			
Насосный агрегат ЖМТ	Н4-95экто	Бензин АИ-95экто			
Насосный агрегат ЖМТ	Н1-92экто	Бензин АИ-92			
Насосный агрегат ЖМТ	Н3-Дтэкто	Диз. Топливо экто			
Насосный агрегат ЖМТ	Н2-95	Бензин АИ-95			
Резервуар горизонтальный подземный	РГС-20 (95экто)	Бензин АИ-95 экто			
Резервуар горизонтальный подземный	РГС-50 (92 экто)	Бензин АИ-92			
Резервуар горизонтальный подземный	РГС-20 (Дтэкто)	Дизельное топливо			
Резервуар горизонтальный подземный	РГС-35 (95)	Бензин АИ-95			

Таблица 2 - Технологическое оборудование с горючими и легковоспламеняющимися жидкостями

Наименование технологического оборудования	Шифр	Ограничение разлива и растекания			Диаметр аварийного дренажа, м	Максимальный диаметр подводящего трубопровода, м	Рабочая температура жидкости,	Время отключения при аварии, с
		Площадь S, м <sup>2</sup>	Высота h, м	Диаметр дренажа D, м				
Автоцистерна ЖМТ	АЦ-ЖМТ							
Насосный агрегат ЖМТ	Н4-95экто							
Насосный агрегат ЖМТ	Н1-92 экто							
Насосный агрегат ЖМТ	Н3-ДТ экто							
Насосный агрегат ЖМТ	Н2-95							

Таблица 3 - Технологические трубопроводы с горючими и легковоспламеняющимися жидкостями

Наименование трубопровода (участка)	Шифр	Обращающееся вещество		Максимальный расход, кг/с	Давление, Мпа
		Наименование	Масса на участке, т		
Подающий трубопровод	ПТ-4-95экто	Бензин АИ-95экто			
Подающий трубопровод	ПТ-1-92 экто	Бензин АИ-92 экто			
Подающий трубопровод	ПТ-3-ДТ экто	Диз.опливо экто			
Подающий трубопровод	ПТ-2-95	Бензин АИ-95			
Раздаточный пистолет ТРК-1	РП-1.1 - РП-1.8	Бензин АИ-95экто Бензин АИ-95 Бензин АИ-92 экто Диз. Топливо экто			
Раздаточный пистолет ТРК-2	РП-2.1 - РП-2.8	Бензин АИ-95экто Бензин АИ-95 Бензин АИ-92 экто Диз. Топливо экто			

Продолжение таблицы 3

Топливный шланг ТРК-1	ТШ-1.1 - ТШ-1.8	Бензин АИ-95экто  Бензин АИ-95 Бензин АИ-92 экто Диз. Топливо экто			
Топливный шланг ТРК-2	ТШ-2.1 - ТШ-2.8	Бензин АИ-95экто  Бензин АИ-95 Бензин АИ-92 экто Диз. Топливо экто			
Топливораздаточная колонка	ТРК-1,2	Бензин АИ-95экто Бензин АИ-92экто  Бензин АИ-95 Диз. Топливо экто			

Территория резервуарного парка показана на рисунке 3.



Рисунок 3 Территория резервуарного парка автозаправочной станции № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт».

Параметры технологического оборудования в таблице 3 (для раздаточных пистолетов), приведенные в графе 4 (обращающееся вещество, масса на участке), для легковоспламеняющихся жидкостей Бензин АИ-95экто, Бензин- АИ-95, Бензин АИ-92 экто – одинаковы.

## **Определение расчетных величин пожарного риска на объекте**

Определение расчетных величин пожарного риска осуществлялось на основании:

анализа пожарной опасности объекта;

анализа наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий, строений и сооружений;

оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;

построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;

определения частоты реализации пожароопасных ситуаций.

### **1.5 Определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса**

Для каждого технологического процесса определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров проводилось на основе анализа пожарной опасности каждого из технологических процессов, который предусматривает выбор ситуаций, при реализации которых имеется опасность для людей, находящихся в зоне поражения опасными факторами пожара, взрыва и связанными с ними проявлениями опасных факторов пожара [6].

Для того чтобы контролировать пожароопасные ситуации на технологическом оборудовании (технологических систем), необходимо произвести деление на участки, исходя из возможности отдельной герметизации этих участков, при возникновении аварии. Необходимо рассматривать пожароопасные ситуации, как на основном, так и вспомогательном технологическом оборудовании. Определять возможность

возникновения пожара в зданиях различного назначения, расположенных на территории объекта [6], [26], [31].

В перечне пожароопасных ситуаций, применительно к каждому объекту на территории АЗС, необходимо выделять группы пожароопасных направлений, с одними и теми же моделями процессов возникновения и развития пожара.

При анализе пожароопасных ситуаций, связанных с разгерметизацией технологического оборудования, необходимо учитывать утечки при различных диаметрах истечения.

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

Для каждого технологического процесса необходимо определение перечня причин, возникновение которых позволяет характеризовать ситуацию как пожароопасную.

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

- разгерметизация технологического оборудования, вызванная механическим (влияние повышенного или пониженного давления, динамических нагрузок и т.п.), 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. (например, разгерметизация оборудования или выход из строя элементов его защиты, в результате повреждения при ремонте или столкновения с автомобильным транспортом);



- выход параметров технологических процессов за критические значения, который вызван нарушением технологического регламента (например, перелив жидкости при сливо-наливных операциях, разрушение оборудования вследствие превышения давления по технологическим причинам, появление источников зажигания в местах образования горючих смесей).

Кроме того, учитывается возможность возгорания в зданиях, сооружениях и сооружениях различного назначения, расположенных на территории установки.

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

Для определения возможных сценариев возникновения и развития пожаров использовался метод логических деревьев событий.

При построении сценариев возникновения и развития пожаров учитывались следующие положения:

- выбиралась пожароопасная ситуация, которая может повлечь за собой возникновение аварии с пожаром с дальнейшим его развитием;
- развитие пожароопасной ситуации и пожара рассматривалось по стадийно, с учетом места ее возникновения на объекте, уровня потенциальной опасности каждой стадии и возможности ее локализации и ликвидации;
- переход с рассматриваемой стадии на новую определялась 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 устанавливался уровень ее опасности,

характеризующийся возможностью перехода пожароопасной ситуации или пожара на соседние с пожароопасным участки объекта;  
 возможностью перехода пожароопасной ситуации или пожара на территорию селитебной зоны, вблизи объекта.

### 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 [6] и приведены в таблицах 4-5

Таблица 4 - Частоты утечек из технологических трубопроводов

Диаметр трубопровода, мм	Частота утечек, (м <sup>-1</sup> год <sup>-1</sup> )				
	Малая (диаметр отверстия 12,5 мм)	Средняя (диаметр отверстия 25 мм)	Значительная (диаметр отверстия 50 мм)	Большая (диаметр отверстия 100 мм)	Разрыв
	x 10 <sup>-6</sup>	x 10 <sup>-6</sup>			x 10 <sup>-6</sup>
	x 10 <sup>-6</sup>	x 10 <sup>-6</sup>	x 10 <sup>-7</sup>		x 10 <sup>-7</sup>
	x 10 <sup>-6</sup>	x 10 <sup>-7</sup>	x 10 <sup>-7</sup>	x 10 <sup>-7</sup>	x 10 <sup>-8</sup>
	x 10 <sup>-6</sup>	x 10 <sup>-7</sup>	x 10 <sup>-7</sup>	x 10 <sup>-8</sup>	x 10 <sup>-8</sup>

Таблица 5 - Частота возникновения пожаров для некоторых зданий/помещений

Наименование объекта	Частота возникновения пожара, (м <sup>-2</sup> х год <sup>-1</sup> )
Электростанции	x10 <sup>-5</sup>
Склады химической продукции	x10 <sup>-5</sup>
Склады многономенклатурной продукции	x10 <sup>-5</sup>

## Продолжение таблицы 5

Инструментально-механические цеха	$\times 10^{-5}$
Цеха по обработке синтетического каучука и искусственных волокон	$\times 10^{-5}$

Частота реализации сценариев, связанных с образованием огненного шара на емкостном оборудовании с ЛВЖ, вследствие внешнего воздействия очага пожара.

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

Во время построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития учитывались [20]:

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

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

$$R_{НКПР} = 3,2 \cdot T^{36000,5} \cdot P_{НСНКПР}^{0,8} \cdot m_{\rho П} \cdot P_{Н0,33} \quad (1)$$

$$Z_{НКПР} = 0,12 \cdot T^{36000,5} \cdot P_{НСНКПР}^{0,8} \cdot m_{\rho П} \cdot P_{Н0,33} \quad (2)$$

где  $T$  - продолжительность поступления паров в открытое

пространство, с;

$P_{Н}$  - давление насыщенных паров при расчетной температуре, кПа;

$m$  - масса паров ЛВЖ, поступивших в открытое пространство за время испарения, кг;

$P_{НСНКПР}$  - 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 горении газопаровоздушного облака (далее – облако) распространяется на случаи выброса горючих газов или паров в атмосферу [29].

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

- вид горючего вещества, содержащегося в облаке;

-

- скорость звука в воздухе  $C_0$  (обычно принимается равной 340 м/с);

у информация о степени загроможденности окружающего пространства;

-

-

- 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.

эффективный энергозапас горючей смеси  $E$ , который определяется по формуле:

=

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

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

=

Г

Д

$Fg$  - угловой коэффициент облученности;

$\tau$  - коэффициент пропускания атмосферы.

З

Н

Таблица 6 - Средне поверхностная плотность теплового излучения пламени в зависимости от диаметра очага и удельная массовая скорость выгорания для некоторых жидких углеводородных топлив

Н

и

е

$E_f$  принимается на основе имеющихся экспериментальных данных или по

т

а

Топливо	$E_f$ , кВт/м <sup>2</sup> , при d, м					$m'$ , кг/(м <sup>2</sup> с)
Бензин						
Дизельное топливо						

Примечание: для диаметров очага менее 10 м или более 50 м  $E_f$  принималась такой же, как и для очагов диаметром 10 м и 50 м соответственно.

Угловой коэффициент облученности  $F_q$  определяется по формуле:

=

$F_{2V} + F_{2H}$ ,  $F_V$ ,  $F_H$  - факторы облученности для вертикальной и горизонтальной площадок соответственно, которые определяются по формулам:

=

$$\frac{2}{\pi} \cdot Ld \quad (6)$$

$$\frac{2}{\pi} \cdot Xd \quad (7)$$

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

$$\frac{a^2 + (b-1)^2 - 2 \cdot a \cdot (b-1) \cdot \sin \theta}{b^2 - 1) \cdot \cos 2\theta}; \quad (9)$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{b-1}{b+1}\right)} \quad (10) \quad (11)$$

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

F

где  $d$  - эффективный диаметр пролива, м, (13)

$L$  - длина пламени, м.

Угол расхождения пламени от верха очага до центра пролива до облучаемого объекта, м;

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

$d$

4 где  $F$  - площадь пролива,  $m^2$ .

Длина пламени  $L$  (м) определяется по формулам:

$$u^* \geq 1$$

=

· П

$$\frac{p}{\pi} \quad (14)$$

$$m_1 \rho_a \cdot g \cdot d \cdot 0,67 \cdot u^* \cdot 0,21 \quad (15)$$

$$u^* < 1 \quad \rho_a - \text{плотность окружающего воздуха, кг/м}^3,$$

$$\frac{\rho_{II}}{m_1 \rho_a \cdot g \cdot d \cdot 0,61} \quad (16)$$

$m_1$  - удельная массовая скорость выгорания топлива,  $кг/м^2 \cdot с$ ,

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

П г

е

н Угол отклонения пламени от вертикали под действием ветра  $\theta$

рассчитывается по формуле:

я

$$\theta = 1, \text{ при } u^* < 1 \quad u^* - 0,5 \text{ при } u^* \geq 1 \quad (17)$$

мз;

о Коэффициент пропускания атмосферы  $\tau$  для пожара пролива

определяется по формуле:

е

н

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

е

с

в

Интенсивность теплового излучения  $q$  (кВт/м<sup>2</sup>) для огненного шара определяется по формуле (19).

Величина  $E_f$  определяется на основе имеющихся экспериментальных данных. Значение определяется по формуле:

$$E_f = 24 \cdot (H^2 + r^2) \quad (19)$$

где:  $H$  - высота центра огненного шара, м;

$r$  - эффективный диаметр огненного шара, м;

$r_0$  - 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:

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

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

$$\tau = \frac{-7,0 \cdot 10^{-4} \cdot r^2 + H^2 - D_s^2}{H^2} \quad (22)$$

М  
а  
т



В случае образования паровоздушной смеси в не загроможденном 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) [32].

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

$$RF = 1,2 \cdot RHKPF, \quad (23)$$

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

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

=

$-6 \cdot n \cdot M \cdot P_H \eta$  - коэффициент, принятый для помещений по таблице 7 в

зависимости от скорости и температуры воздушного потока над поверхностью испарения. При проливе жидкости вне помещения принимается  $\eta = 1$ ;

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

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

При струйном истечении сжатого газа возникает опасность образования диффузионных факелов.

Таблица 7 - Значение коэффициента  $\eta$

Скорость воздушного потока, м/с	Значение коэффициента $\eta$ при температуре $t$ ( $^{\circ}\text{C}$ ) воздуха				
	2	3	4	5	6

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

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

### **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 принимались критерии поражения людей опасными факторами пожара [12], [31].

При оценке пожарного риска использовались вероятностные и детерминированные критерии поражения людей опасными факторами пожара [31].

На АЗС наиболее опасными поражающими факторами пожара являются волна давления и расширяющиеся продукты сгорания при различных режимах сгорания.

Значения параметров опасного фактора пожара, при которых наблюдается тот или иной уровень поражения людей, определяются детерминированными критериями.

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 8.

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;  
- интенсивность воздействующего фактора.

Соотношения между величиной  $Pr$  и условной вероятностью поражения человека приведено в таблице 9.

Таблица 8- Критерии поражения зданий и людей от избыточного давления

Степень поражения	Избыточное давление, кПа

Полное разрушение зданий	
50 %-ное разрушение зданий	
Средние повреждения зданий	
Умеренные повреждения зданий (повреждение внутренних перегородок, рам, дверей и т.п.)	

Таблица 9 - Соотношения между величиной  $P_r$  и условной вероятностью поражения человека

Условная вероятность поражения, %	Величина пробит-функции $P_r$									

Проанализировав воздействия теплового излучения, были выявлены случаи импульсного и длительного воздействия. Таким образом, в первом случае критерием поражения является доза излучения  $D$ , во втором - критическая интенсивность теплового излучения  $q_{CR}$ .

Величина  $q_{CR}$  для различных степеней поражения человека приведена в таблице 10.

Таблица 10 - Величина критической интенсивности теплового излучения для различных степеней поражения человека

Степень поражения	Интенсивность излучения, кВт/м <sup>2</sup>
Без негативных последствий в течение длительного времени	
Безопасно для человека в брезентовой одежде	

Непереносимая боль через 20-30 с	
Ожог 1 степени через 15-20 с	
Ожог 2 степени через 30-40 с	
Непереносимая боль через 3-5 с	
Ожог 1 степени через 6-8 с	
Ожог 2 степени через 12-16 с	

Для поражения человека тепловым излучением величина пробит-функции описывается формулой:

$$= -12,8 + 2,56 \ln t \cdot q^{4,3} \quad (27)$$

где  $t$  - эффективное время экспозиции, с;

$q$  - интенсивность теплового излучения, кВт/м<sup>2</sup>.

Величина эффективного времени экспозиции  $t$  определяется по формулам:

для огненного шара:

=

• для пожара пролива:

$$= 0,303 \quad (28)$$

$t_0 + xy$  где  $m$  - масса горючего вещества (29) участвующего в образовании огненного шара, кг;

- характерное время, за которое человек обнаруживает пожар и принимает решение о своих дальнейших действиях, с (может быть принято равным 5);

$x$  - расстояние от места расположения человека до безопасной зоны (зона, где интенсивность теплового излучения меньше 4 кВт/м<sup>2</sup>);

- средняя скорость движения человека к безопасной зоне, м/с (принимается равной 5 м/с).

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

Выводы по разделу 1

Проведен аналитический обзор проблемы пожарной безопасности АЗС. Проведен анализ исходных данных автозаправочной станции № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт».

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

Проведен анализ систем обеспечения пожарной безопасности зданий на объекте.

Проведен анализ технологического оборудования на автозаправочной станции № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт».

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

- разрушение сливного устройства автоцистерны с бензином на площадке слива.

Проведено определение величины индивидуального пожарного риска в здании на территории АЗС.

Проведено определение времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Исследованы особенности организации эвакуации людей с территории автозаправочной станции и обоснована необходимость разработки новых решений для обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре с территории АЗС.

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.

## **Разработка мероприятий для обеспечения пожарной безопасности на объекте**

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

При анализе влияния систем контроля и обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений, автозаправочной станции № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт», расположенной по адресу: г. Оренбург, ул. Терешковой, 150/4, на расчетные величины пожарного риска, рассмотрен комплекс мероприятий по обеспечению пожарной безопасности объекта.

Мероприятия по анализу технологического процесса включают:

- определение свойств обращающихся горючих материалов;
- определение способности возникновения возгорания горючей смеси внутри технологической линии;
- определение способности возникновения возгорания горючей смеси при выходе наружу как, при исправном технологическом оборудовании, так и в результате возникшей неисправности одного из элементов технологической линии;
- определение возможных источников зажигания;
- определение возможных факторов и путей распространения пожара.

Выше определенные мероприятия оказывают как позитивное, так и негативное влияние между собой, снижая или увеличивая риск воспламенения топливовоздушной смеси (ТВС) на технологическом оборудовании (процессе) [36].

При анализе уровня аварий и пожаров на объектах топливо-энергетических комплексах, а именно на автомобильных заправочных станциях в России и за рубежом, приводит к выводу, что обеспечение



пожарной безопасности при эксплуатации автомобильных заправочных станций должно быть на самом высоком противопожарном уровне, с соблюдением всех норм и правил, установленных законодательством Российской Федерации [23], [24].

При изучении возникновения пожаров на автомобильных заправочных станциях, необходимо найти критерий и понимание возможности возникновения пожара при:

- когда параметры технологического процесса переходят красную линию опасных значений, в связи с нарушением работы технологического оборудования;
- когда из-за износа технологического оборудования происходит разгерметизация элементов технологической линии;
- когда в результате террористического воздействия на территории АЗС, создается аварийная ситуация.

Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности учитывались при определении частот реализации пожароопасных ситуаций, возможных сценариев возникновения и развития пожаров, последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития [33].

В современных условиях, при эксплуатации автомобильных заправочных станций, локализация аварий с разливом нефтепродуктов и ликвидация их последствий, зависит не только от своевременного прибытия пожарных и спасательных формирований, но и от организации планового обучения персонала автомобильной заправочной станции, действиям в случаях возникновения аварийной ситуации с разливом нефтепродуктов, с возможным последующим возгоранием.

До момента прибытия пожарных и спасательных подразделений при аварийной ситуации на автомобильной заправочной станции с разливом нефтепродуктов, для первичной локализации предусмотрено:

- отсечение любого агрегата в технологической линии, с последующим опорожнением остатков нефтепродуктов в дренажные емкости;
- потоки нефтепродуктов в технологической линии перекрываются электроприводными задвижками от аварийного участка.

Технологическая схема и комплектация основного оборудования гарантируют непрерывность производственного процесса, за счет оснащения технологического оборудования системами автоматического регулирования, блокировки и сигнализации. Таким образом, разработаны принципы срабатывания сигнализации, а также отключения процесса, вызванные различными нарушениями технологического режима [7].

Технологическое оборудование подбирается по заданным технологическим параметрам, что снижает вероятность образования взрывоопасных смесей.

Внешние условия, свойства нефтепродуктов, организация эксплуатации на автомобильной заправочной станции, во многом влияют на возникновение аварийной ситуации с разливом нефтепродуктов и возникновении пожара.

Как правило, выделяется несколько основных причин, влияющих на возникновение пожара, критически опасных ситуаций развития опасных факторов пожара (ОФП) на территории автомобильной заправочной станции, а именно:

- при проведении ремонтных работ на технологическом оборудовании, применяется открытый огонь, в неустановленном месте для данного вида работ;

- при проведении эксплуатационных мероприятий, используются не герметичные осветительные приборы, в результате чего может возникнуть искрообразование;
- эксплуатация технологического оборудования при грозовых разрядах;
- при прокачке нефтепродуктов, возможно возникновение электризации, в следствии чего может произойти самовозгорание горючих веществ.

Недостаточная безопасность при эксплуатации АЗС, слабая подготовка персонала по действиям в различных чрезвычайных ситуациях, или отсутствие таковой в области пожарной безопасности, неспособность принятия решения на первичную локализацию аварийной ситуации, с возможным возникновением пожара, приводит к серьезным последствиям с нанесением вреда жизни и здоровью людей, а также экономический и экологический ущерб на территории автомобильной заправочной станции и селитебной зоне, в зависимости от развития пожарной ситуации [30].

Автомобильные заправочные станции относятся к объектам, на которых имеет место быть эксплуатация технологического оборудования с повышенными пожарными нагрузками, с людьми, которые могут находиться в определенных местах на территории или в помещениях автомобильной заправочной станции, в момент возникновения пожара [9].

Для минимального воздействия опасных факторов пожара (ОФП) на здания, вспомогательные помещения, технологическую линию и людей, необходимо разделение территории автомобильной заправочной станции на отдельные пожарные зоны.

В каждой пожарной зоне необходимо применять соответствующие системы пожаротушения, способные тушить пожар в местах возникновения, с использованием инновационных материалов, замедляющие распространение огня [8].

Обязательно включать оценки пожарной безопасности, основанные на моделировании развития пожарной ситуации и вычислении пожарных рисков, с внедрением передовых систем обнаружения пожара, тем самым улучшается основа пожарной безопасности автомобильной заправочной станции.

Эвакуация людей с территории автомобильной заправочной станции зависит от качественной интегрированной системы обнаружения пожара и оповещения людей.

### **Анализ наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий на объекте**

Противопожарные системы защиты зданий, строений и сооружений на территории АЗС, обеспечивают возможность эвакуации людей в безопасную зону до наступления предельно допустимых значений ОФП.

С целью сокращения времени обнаружения очага возгорания, в операторной и складах для хранения ЛВЖ и ГЖ, установлены автоматические установки пожарной сигнализации. Предусмотрено применение приёмно-контрольного, охранно-пожарного прибора «Тандем-2М», который установлен в торговом зале в зоне работы оператора, для сбора и обработки информации, поступающей от пожарных извещателей [13].

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».

Вертикальные и горизонтальные каналы для прокладки электрокабелей и проводов в здании операторной имеют защиту от распространения пожара.

Во всех 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 АЗС звуковых и световых пожарных оповещателей, с учетом требований СП 3.13130.2009. Также установлен блок речевого оповещения «Орфей исп.2».

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

Здание операторной оснащено автоматическими модулями порошкового пожаротушения МПП Буран-8СВ. Основное питание приборов от сети переменного тока напряжением 220В предусмотрено в разделе ЭМ, резервное - от встроенной аккумуляторной батареи.

Сотрудниками АЗС, 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).

Для надежного бесперебойного электроснабжения «голов» ТРК в телекоммуникационном щите установлен источник бесперебойного питания (ИБП). Питание ИБП осуществляется от распределительного щита. По надежности электроснабжения электроприемники, островки, заправочные ЖМТ, 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. В аварийном режиме электроснабжение электрических приёмников I категории, предусмотрено от ИБП, расположенного в серверном шкафу, в техническом помещении операторной.

Наличие огнетушащих средств на территории АЗС:

- огнетушитель порошковый передвижной ОП-50 емк. 50 л - 2 шт.;
- огнетушитель воздушно-пенный ручной ОВП-10 емк. 10 л - 7 шт.;
- огнетушитель порошковый ручной ОП-5 емк. 5 л - 2 шт.;
- щит пожарный ЦП-В – 2 шт.

По территории АЗС установлены пожарные щиты с пожарным инвентарем. Пожарные щиты комплектуются в зависимости от класса пожара:

- огнетушитель порошковый ОП-10 вместимостью 10л – 1 шт.;
- лом – 1 шт.;
- ведро – 1 шт.;
- асбестовое полотно, грубошерстная ткань или войлок (кошма, покрывало из негорючего материала) - 1 шт.;
- лопата штыковая – 1 шт.;
- лопата совковая – 1 шт.;
- ящик с песком.

Ящики с песком устанавливаются рядом со щитами, запас песка в ящиках должен быть не менее 0,5 м<sup>3</sup>.

Асбестовые полотна, размерами 2 х 2 м, должны храниться в водонепроницаемых чехлах, позволяющих быстро применить эти средства в случае пожара.

Расположение первичных средств пожаротушения обозначены на схеме эвакуации с территории АЗС.

Для наружного пожаротушения АЗС необходимо наличие противопожарного водоёма – не менее 100 м<sup>3</sup>, или, как минимум двух пожарных гидрантов. Расстояние от АЗС до приема воды пожарными автомобилями, не должно превышать 200 м.

Организационно-технические мероприятия включают:

- 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;
- изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности;
- организацию пожарной охраны в соответствии с действующим законодательством;
- привлечение пожарно-технических средств обеспечения пожарной безопасности;
- определение порядка 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 противопожарной безопасности объектов включает в себя следующие организационно-технические мероприятия, обязательные для выполнения при эксплуатации объектов:

- назначение лиц, персонально ответственных за пожарную безопасность;
- 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 [10].

Необходимо чтобы технологическое оборудование было герметичным.

При эксплуатации АЗС 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, изменение вида хранения топлива.

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

- класса взрывоопасных или пожароопасных зон по ПУЭ;
- работника, ответственного за пожарную безопасность;
- категории помещения по взрывопожарной и пожарной опасности;



- 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 автозаправочной станции содержится в исправном состоянии [18].

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

Автоцистерны перед сливом должны быть присоединены к устройству для заземления. Каждая цистерна автопоезда должна быть заземлена отдельно, до полного слива из нее нефтепродукта. Запрещается эксплуатация топливно-раздаточных колонок, при наличии утечек нефтепродукта.

Профилактический осмотр и плановый ремонт оборудования должны проводиться в установленные сроки и при выполнении мер пожарной безопасности, предусмотренных соответствующей технической документацией по эксплуатации.

Территория АЗС должна быть оснащена:

- ящик металлический с крышкой для ТБО  $V = 1 \text{ м}^3$  – 2 шт;
- ящик металлический для ветоши – 1 шт;
- ящик металлический для песка с прорезью для лопаты  $V = 1 \text{ м}^3$  – 1 шт;
- ящик металлический с крышкой для замазученного песка  $V = 1 \text{ м}^3$  – 1 шт;
- ящик металлический с крышкой для хранения масла – 1 шт;
- шкаф для хранения спецодежды – 1 шт;
- сцепка буксировочная – 1 шт;

- контейнер для хранения инвентаря и проб бензинов – 1 шт;
- информационные таблички – 14 шт;
- переносной забор длиной 2 м со знаком «Въезд запрещен» – 6 шт.

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

Автомобильные заправочные станции относятся к объектам, на которых имеет место быть эксплуатация технологического оборудования с повышенными пожарными нагрузками, с людьми, которые могут находиться в определенных местах на территории или в помещениях автомобильной заправочной станции, в момент возникновения пожара.

Для минимального воздействия опасных факторов пожара (ОФП) на здания, вспомогательные помещения, технологическую линию и людей, необходимо разделение территории автомобильной заправочной станции на отдельные пожарные зоны.

В каждой пожарной зоне необходимо применять соответствующие системы пожаротушения, способные тушить пожар в местах возникновения, с использованием инновационных материалов, замедляющие распространение огня.

Обязательно включать оценки пожарной безопасности, основанные на моделировании развития пожарной ситуации и вычислении пожарных рисков, с внедрением передовых систем обнаружения пожара, тем самым улучшается основа пожарной безопасности автомобильной заправочной станции.

Эвакуация людей с территории автомобильной заправочной станции зависит от качественной интегрированной системы обнаружения пожара и оповещения людей.

Обеспечение пожарной безопасности при реализации нефтепродуктов, являются организационно - технические мероприятия, позволяющие снизить риски разлива нефтепродуктов и возникновения пожара.

На основе инновационных технических решениях (изобретения, патенты), найден улучшенный инновационный способ получения порошковой огнетушащей композиции, для использования в специально разработанных устройствах пожаротушения [14].

Огнетушащая композиция в устройствах пожаротушения предназначена для тушения пожаров класса А, В, С и электроустановок до 1000 вольт, что дает положительный эффект применения на автомобильной заправочной станции.

Способ получения порошковой композиции для пожаротушения включает измельчение компонентов композиции и их плавление, при этом фосфат и сульфат аммония измельчают отдельно, в присутствии диоксида кремния и полиорганогидридсилоксана, затем подвергают просеиванию, продукты на основе фосфата аммония с выделением фракции размером 35-60 мкм и сульфата аммония размером 60-140 мкм, после очищения смешивают для получения композиции с соответствующими многочисленными балансowymi компонентами фосфата аммония и сульфата аммония, диоксид кремния, полиорганогидридсилоксан.

Выше обозначенный метод с применением порошковой композиции, имеет более высокие способности пожаротушения и гидрофобности, чем другие методы, имеющие высокую предрасположенность к впитыванию влаги, имеет водоотталкивающий эффект.

Техническое решение относится к процессу пожаротушения с использованием композиции простых и нано размерных огнетушащих порошков. Для повышения огнетушащей способности порошков, метод порошкового пожаротушения включает добавление порошка для тушения

пожара. Удаление происходит за счет комбинации нано дисперсного порошка, изготовленного из цезиевой соли ротизита.

Предлагаемые усовершенствованные способы пожаротушения, в том числе оригинальные средства тушения, могут быть использованы в составе действующих АЗС, обеспечивая их повышенную взрыво- и противопожарную защиту.

Один из наиболее эффективных модулей пожаротушения, предлагаемых к применению на АЗС, является установка порошкового пожаротушения на основе модулей марки «Буран».

Модуль представляет собою герметичную систему состоящую из:

- железного корпуса наполненного огнетушащим порошком;
- генератора газа с электроактиватором;
- держателя модуля;
- выхлопной насадки;
- непрерывистой мембраны с зарубками;
- кронштейн с болтами крепления;
- непрерывистая мембрана вплотную придавлена к корпусу выпускной насадкой. В выходящем отверстии выпускной насадки существует резьба G1 для установки распылителя.

Модуль порошкового пожаротушения «Буран» показан на рисунке 4.



Рисунок 4 - Модуль порошкового пожаротушения «Буран»

Модуль включается при подаче импульса тока, при этом запускается агрегат газа, происходит интенсивное выделение газа, это приводит к повышению давления в корпусе аэрации, в результате чего происходит воздействие на массу порошка пожаротушения.

Мембрана рушится по насечкам (отгибается в виде лепестков) и огнегасящий порошок через распылитель подается на защищаемое место.

Таким образом, пуск совершается в течение некоторых секунд. К тому же цена порошка для пожаротушения невысока, монтаж несложен.

Выводы по разделу 2

Проведен анализ систем контроля и обеспечения пожарной безопасности объекта.

В основу обеспечения пожарной безопасности АЗС 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 АЗС.

Разработаны мероприятия по применению модульных систем пожаротушения с наполнением порошковых смесей, для обеспечения пожарной безопасности, на примере АЗС № 56048г. Оренбург.

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

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

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].

Результаты и выводы, полученные при определении пожарного риска, используются для обоснования параметров и характеристик зданий, сооружений, которые учитываются в настоящей Методике [13], [27].

### **3.2 Расчет времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара**

#### **Порядок проведения расчета**

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

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.

Скорость выгорания для этих случаев определяется формулами:

$$\Psi = \begin{cases} \Psi_{уд} \cdot \pi \cdot v^2 \cdot t^2 - \text{для кругового распространения пожара} \\ \Psi_{уд} \cdot 2 \cdot v \cdot t \cdot b - \text{для линейного распространения пожара} \\ \Psi_{уд} \cdot F \cdot \sqrt{\frac{t}{t_{ст}}} - \text{для неустановившегося горения ГЖ} \end{cases} \quad (30)$$

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;

$F$

– 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.

о 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 [21].

о

ч

а

г

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.

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

где критическое время по каждому ОФП определяется:

$$\begin{aligned}
 & b \quad t_{\text{кр}}^{\text{п.в.}} - \text{ по повышенной температуре;} \\
 & \text{дкрТ} - \text{ по тепловому потоку;} \\
 & = \quad t_{\text{кр}}^{\text{т.г.}} - \text{ по потере видимости;} \\
 & \text{ткрп.в.}, \text{ткрТ}, \text{ткрт.г.}, \text{ткрО2}, \text{ткрт.п.} - \text{ по приближенному содержанию кислорода.} \quad (31)
 \end{aligned}$$

### 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 [14].

$$\text{п.в.}, \text{ткрТ}, \text{ткрт.г.}, \text{ткрО2}, \text{ткрт.п.} \text{ компонентов:} \quad (31)$$

п Программа Pathfinder для моделирования эвакуации людей при пожаре;

в Программа PyroSim для моделирования пожара;

ткрИ Программа FireRisk для обработки результатов

Для расчета времени эвакуации используется программа Pathfinder, которая позволяет выполнить расчет времени эвакуации и времени блокирования путей по индивидуально-пешеходной модели движения.

к 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

$$\text{ткрт.г.}, \text{ткрО2}, \text{ткрт.п.} \quad (31)$$



модели, построить поля опасных факторов и определить время блокирования путей эвакуации.

Для расчета индивидуального пожарного риска используется программа

### **.2.3 Расчет индивидуального пожарного риска**

Расчет индивидуального пожарного риска проведен для здания АБК автомобильной заправочной станции.

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

Количество оставшихся людей и количество человек, показаны на рисунках 5-6.

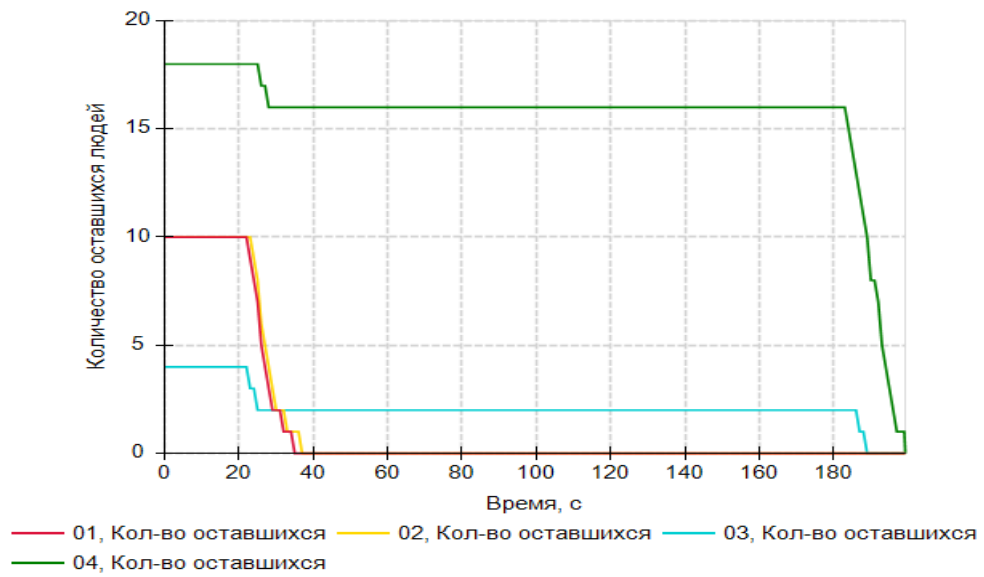


Рисунок 5 - Количество оставшихся людей\_01

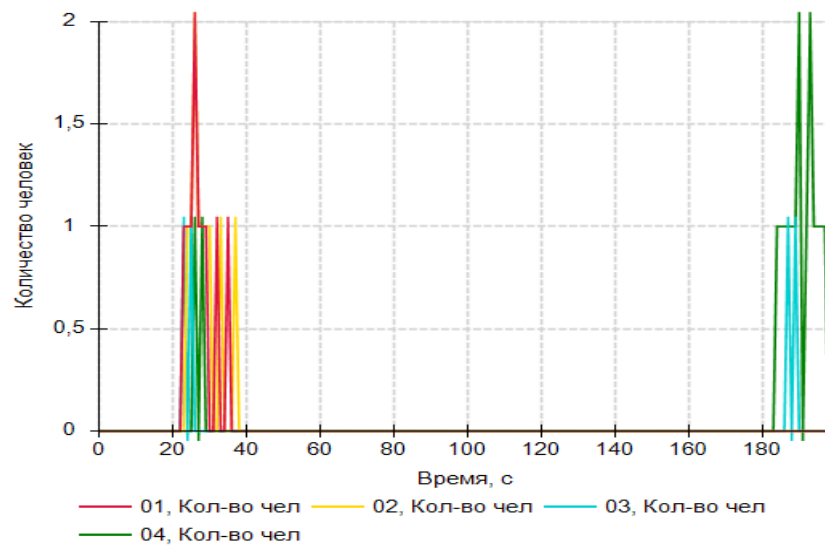


Рисунок 6 – Количество человек\_01

Количество человек с накоплением и скорость потока, показаны на рисунках

Рисунок 7 - Количество человек с накоплением\_01

Рисунок 8 - Скорость потока\_01

Удельная скорость потока и График мощности пожара показаны на рисунках 9-10.

Рисунок 9 - Удельная скорость потока\_01

Рисунок 10 - График мощности пожара

Дальность видимости и концентрация кислорода показаны на рисунках

Рисунок 11 - Дальность видимости\_01

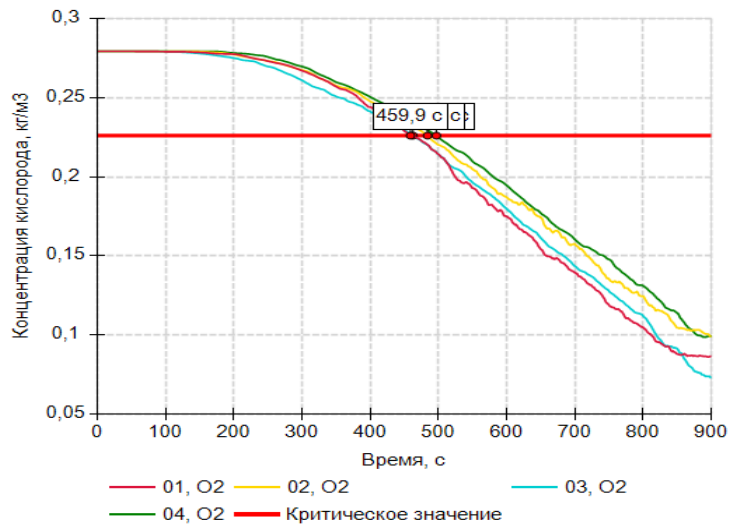


Рисунок 12 - Концентрация кислорода\_01

Рисунок 13 - Концентрация угарного газа\_01

Концентрация угарного газа и концентрация углекислого газа показаны на рисунках 13-14.

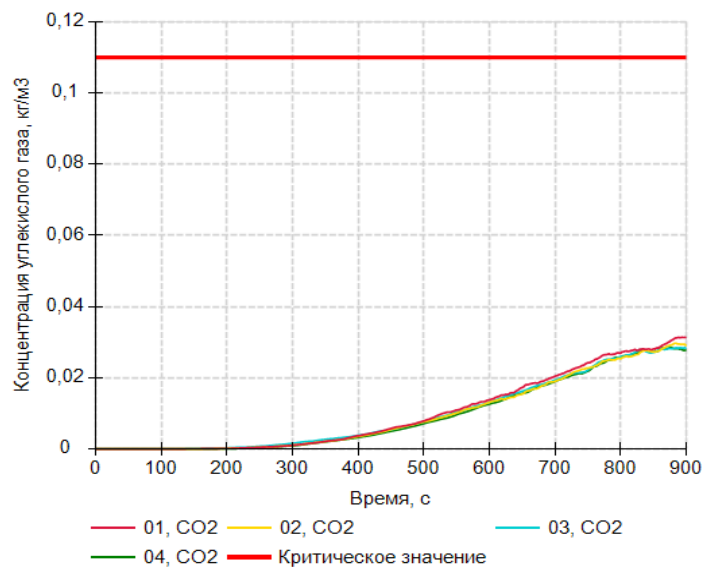


Рисунок 14 - Концентрация углекислого газа\_01

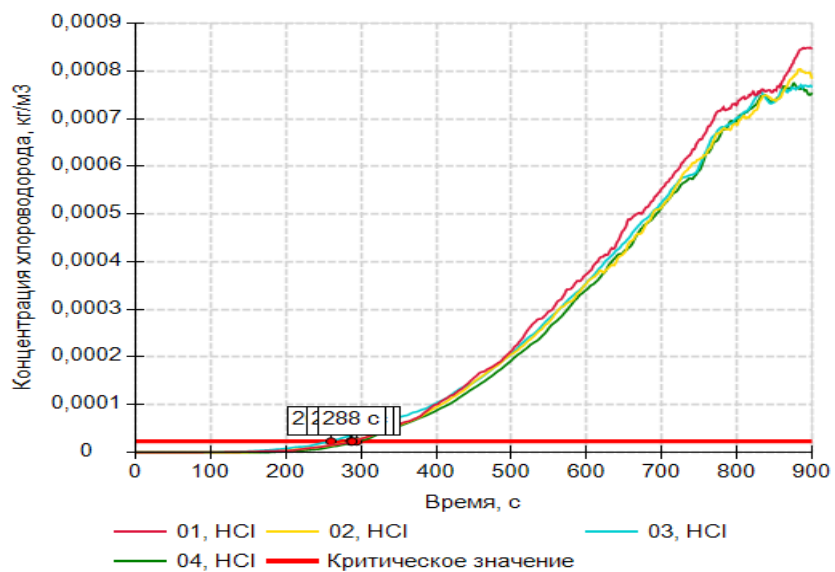


Рисунок 15 - Концентрация хлороводорода\_01

Концентрация хлороводорода и мощность пожара показаны на рисунках

Рисунок 16 - Мощность пожара\_01

Рисунок 17 - Температура\_01

Температура и тепловой поток показаны на рисунках 17-18.

Рисунок 18 - Тепловой поток\_01

Время эвакуации по помещениям и вероятность эвакуации приведены в таблицах 11 – 14 рассчитывается по формуле:

$$P_{э} = \begin{cases} 0,8 & \text{если } t_p < 0,8 \cdot t_{бл} < t_p + t_{нэij} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999 & \text{если } t_p + t_{нэ} \leq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ и } t_{бл} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000 & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot t_{бл} \text{ или } t_{ск} > 6 \text{ мин} \end{cases} \quad (32)$$

где  $P_{э}$  – вероятность эвакуации;

$t_{нэij}$  – интервал времени от начала реализации  $j$ -го сценария пожара, до начала эвакуации людей;

$t_{блij}$  – время от начала реализации  $j$ -го сценария пожара, до

блокировки путей эвакуации.

Метод расчета вероятности эвакуации: по точкам

Время скопления – 0,10 мин.

Вероятность эвакуации для данного сценария составляет  $P_{э} = 0,999$

Таблица 11 - Точки сравнения

Точка	0.8*Тбл,	По умолчанию	Помещение пожара	$P_{э}$
N	-	18	12	-
Тнэ	-	180	20	-
01	230,40	-	35 (0,999)	0,999
02	228,99	-	37 (0,999)	0,999
03	208,08	189 (0,999)	25 (0,999)	0,999
04	235,49	199,28 (0,999)	28 (0,999)	0,999
$P_{э}$	-	0,999	0,999	-

Расчет индивидуального пожарного риска

Расчетная величина индивидуального пожарного риска  $Q_{в,i}$  для  $i$ -го сценария пожара рассчитывается по формуле:

$$Q_{в,i} = Q_{п,i} \cdot (1 - K_{ап,i}) \cdot P_{пр,i} \cdot (1 - P_{э,i}) \cdot (1 - K_{п.з,i}) \quad (33)$$

где  $Q_{в,i}$  – расчетная величина индивидуального пожарного риска для  $i$ -го сценария пожара;

$Q_{п,i}$  – частота возникновения для  $i$ -го сценария пожара в здании в течение года;

$P_{пр,i}$  – вероятность присутствия для  $i$ -го сценария людей в здании;

$K_{ап}$  – Здание оборудовано системой, соответствующей

требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Таблица 12 – Параметры для расчета индивидуального пожарного риска

Параметр	Описание	Значение
Qп	Частота возникновения пожара в здании в течение года	0,04
-	Время присутствия людей в здании, часов	24
Рпр	Вероятность присутствия людей в здании	1
Кап	Здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,9
Кобн	Здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8
Ксоуэ	Здание оборудовано системой, соответствующей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности	0,8
Кпдз	Оборудование здания системой не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности	0,8

Таким образом, величина индивидуального пожарного риска для данного сценария, составляет:

$$Q_{в,i} = Q_{п,i} \cdot (1 - K_{ап,i}) \cdot R_{пр,i} \cdot (1 - P_{э,i}) \cdot (1 - K_{п.з,i}) = 0,04 \cdot (1 - 0,9) \cdot 1 \cdot (1 - 0,999) \cdot (1 - 0,8704) = 0,52 \cdot 10^{-6}$$

Расчетная величина пожарного риска в здании, сооружении или строении, определяется как максимальное значение пожарного риска из рассмотренных сценариев пожара:

$$Q_B = \max\{Q_{B,1}, \dots, Q_{B,i}, \dots, Q_{B,N}\} \quad (34)$$



где  $Q_{B,i}$  расчетная величина пожарного риска для  $i$ -го сценария пожара,  
 $N$  – количество рассмотренных сценариев пожара.

В расчете рассмотрен 1 сценарий.

Максимальный риск в Сценарий\_01 составляет  $0,52 \cdot 10^{-6}$ .

Таким образом, уровень безопасности людей в случае пожара отвечает требуемому, индивидуальный пожарный риск для объекта расчета не превышает допустимое значение ( $1 \cdot 10^{-6}$ ), установленное ФЗ № 123.

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

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:

$$P_a = \sum_{j=1}^J Q_{dj} \cdot Q_j \quad (35)$$

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

$j$

- условная вероятность поражения человека в определенной точке территории ( $a$ ) в результате реализации  $j$ -го сценария развития пожароопасных ситуаций, отвечающего определенному сценарию 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:

$$Q_{dja} = 1 - \prod_{k=1}^h (1 - Q_k) \cdot Q_{djka} \quad (36)$$

где  $h$  - число рассматриваемых опасных факторов;

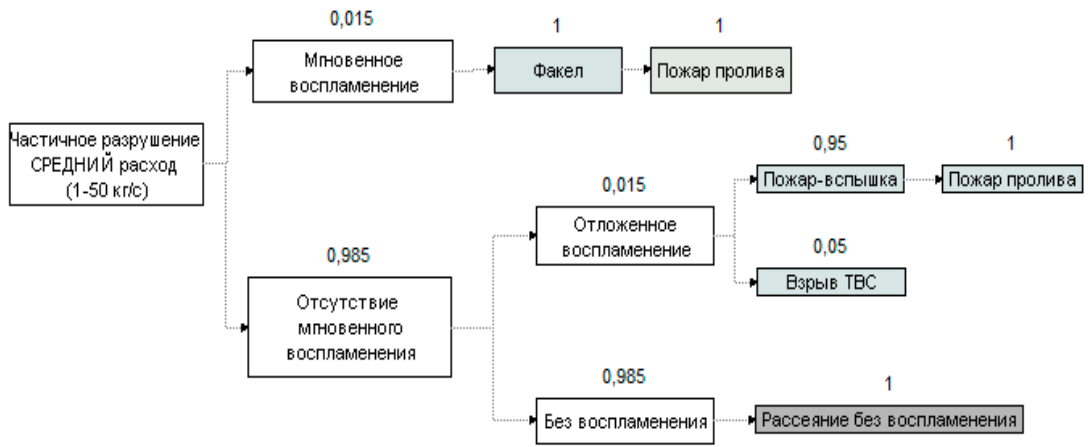
- вероятность реализации  $k$ -го опасного фактора;

$j$

- условная вероятность поражения  $k$ -ым опасным фактором.

Дерево исходов для различных событий показаны на рисунке 19-20.

Частичное разрушение емкости с ГЖ под давлением  
 $T_{всп} < T_{окр.ср.}$  или  $T_{вещ.} > T_{всп.}$   
 Средний расход (1-50 кг/с)



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

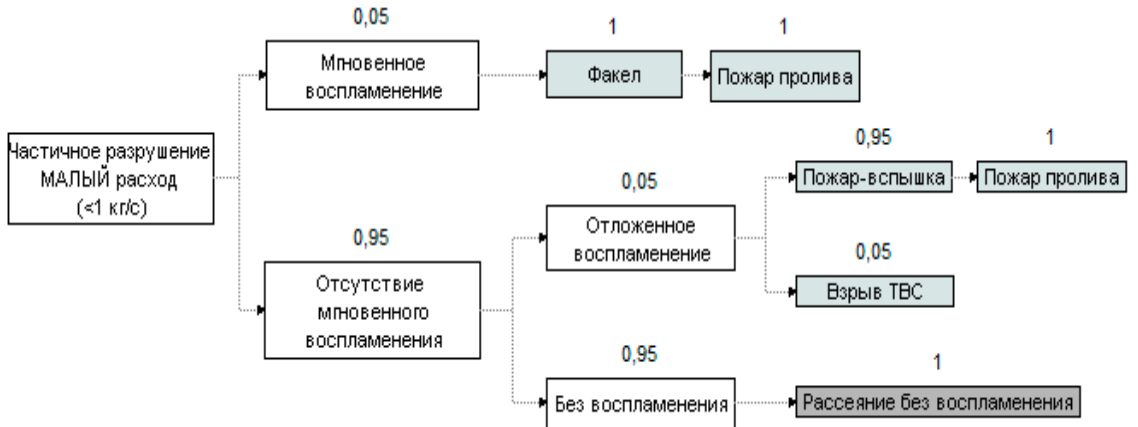
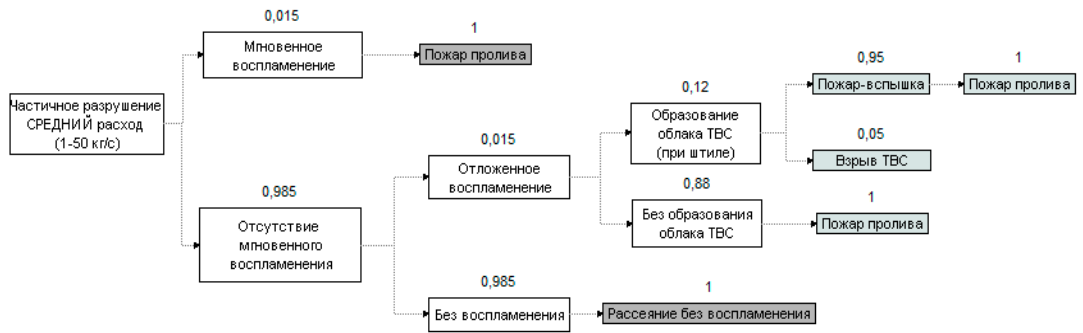


Рисунок 19 - Деревья исходов для различных событий

Частичное разрушение емкости с ГЖ при давлении  
 близком в атмосферному  
 Твсп.<Токр.ср. или Твещ.>Твсп.  
 Средний расход (1-50 кг/с)



Частичное разрушение емкости с ГЖ при давлении  
 близком в атмосферному  
 Твсп.<Токр.ср. или Твещ.>Твсп.  
 Малый расход (<1 кг/с)

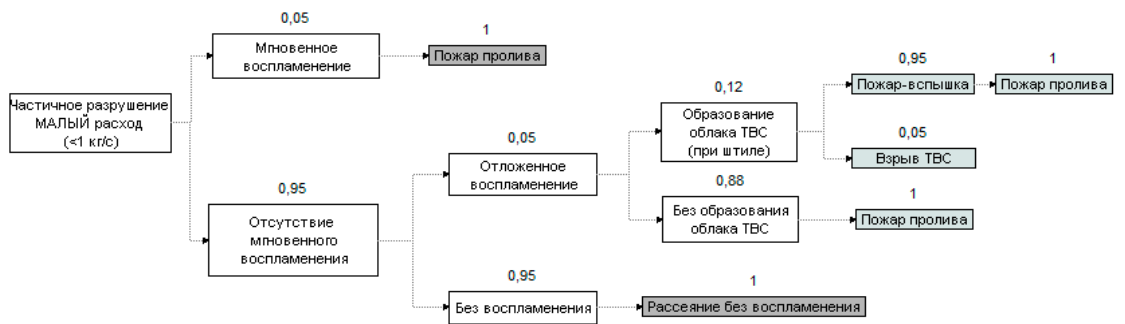


Рисунок 20 - Деревья исходов для различных событий

Таблица 13 - Сценарии аварий

№ 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
1	Пожар-пролива	Разрушение ТРК 3	ТРК 3	Площадка ТРК	$1,96 \cdot 10^{-03}$	$4,07 \cdot 10^{-08}$	$2,94 \cdot 10^{-09}$	$6,43 \cdot 10^{-12}$
2	Взрыв ТВС	Разрушение АЦ	Автоцистерна	Площадка АЦ	$7,85 \cdot 10^{-03}$	$1,91 \cdot 10^{-11}$	$2,34 \cdot 10^{-09}$	$5,11 \cdot 10^{-12}$
3	Пожар-пролива	Разрушение ТРК 2	ТРК 2	Площадка ТРК	$1,23 \cdot 10^{-04}$	$5,42 \cdot 10^{-07}$	$3,93 \cdot 10^{-08}$	$8,57 \cdot 10^{-11}$
4	Взрыв ТВС	Разрушение АЦ	Автоцистерна	Площадка АЦ	$4,91 \cdot 10^{-04}$	$4,51 \cdot 10^{-10}$	$3,15 \cdot 10^{-08}$	$6,88 \cdot 10^{-11}$
5	Пожар-пролива	Разрушение ТРК 2	ТРК 2	Площадка ТРК	$4,91 \cdot 10^{-04}$	$2,28 \cdot 10^{-07}$	$1,65 \cdot 10^{-08}$	$3,61 \cdot 10^{-11}$
6	Взрыв ТВС	Разрушение ТРК 4	ТРК 4	Площадка ТРК	$1,96 \cdot 10^{-03}$	$1,03 \cdot 10^{-09}$	$1,49 \cdot 10^{-12}$	$3,25 \cdot 10^{-15}$
7	Горизонтальный факел	Разрушение АЦ	Автоцистерна	Площадка АЦ	-	$5,63 \cdot 10^{-10}$	$6,10 \cdot 10^{-09}$	$1,33 \cdot 10^{-11}$
8	Пожар-пролива	Разрушение ТРК 2	ТРК 2	Площадка ТРК	$1,96 \cdot 10^{-03}$	$4,07 \cdot 10^{-08}$	$2,94 \cdot 10^{-09}$	$6,43 \cdot 10^{-12}$
9	Пожар-пролива	Разрушение ТРК 1	ТРК 1	Площадка ТРК	$1,23 \cdot 10^{-04}$	$5,42 \cdot 10^{-07}$	$3,54 \cdot 10^{-11}$	$7,73 \cdot 10^{-11}$
10	Взрыв ТВС	Разрушение ТРК 4	ТРК 4	Площадка ТРК	$1,23 \cdot 10^{-04}$	$1,35 \cdot 10^{-08}$	$1,95 \cdot 10^{-11}$	$4,25 \cdot 10^{-14}$
4	Горизонтальный факел	Разрушение ТРК 1	ТРК 1	Площадка ТРК	$4,91 \cdot 10^{-04}$	$1,20 \cdot 10^{-07}$	$9,15 \cdot 10^{-08}$	$2,00 \cdot 10^{-10}$
5	Горизонтальный факел	Разрушение ТРК 1	ТРК 1	Площадка ТРК	$1,23 \cdot 10^{-04}$	$2,85 \cdot 10^{-07}$	$1,11 \cdot 10^{-07}$	$2,42 \cdot 10^{-10}$
6	Взрыв ТВС	Разрушение ТРК 4	ТРК 4	Площадка ТРК	$4,91 \cdot 10^{-04}$	$5,70 \cdot 10^{-09}$	$8,20 \cdot 10^{-12}$	$1,79 \cdot 10^{-14}$
7	Горизонтальный факел	Разрушение ТРК 1	ТРК 1	Площадка ТРК	$4,91 \cdot 10^{-04}$	$1,08 \cdot 10^{-07}$	$6,48 \cdot 10^{-08}$	$1,41 \cdot 10^{-10}$
Итого по объекту							$5,26 \cdot 10^{-06}$	$1,15 \cdot 10^{-08}$

Таблица 14 -Лица попавшие в зону действия опасных факторов

№ сценария аварии	Положение источника по оси X, м	Положение источника по оси Y, м	Автодорога 1	Автодорога 2	Окружение 3	Окружение Ц	Окружение В	Площадка АЗС	Операторная	Площадка ТРК	Площадка АЦ	Итого по сценариям
1	1,44E+02	7,78E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
2	1,43E+02	1,01E+02	40	10	120	40	240	2	2	2	2	458
3	1,47E+02	7,78E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
4	1,43E+02	1,01E+02	40	10	120	40	240	2	2	2	2	458
5	1,47E+02	7,78E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
6	1,41E+02	7,75E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
7	1,43E+02	1,01E+02	3	1	3	3	3	1	1	1	1	17
8	1,47E+02	7,78E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
9	1,50E+02	7,73E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
10	1,41E+02	7,75E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
11	1,44E+02	7,78E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
12	1,44E+02	7,78E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
13	1,50E+02	7,73E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
14	1,44E+02	7,78E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
15	1,50E+02	7,73E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
16	1,44E+02	7,78E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
17	1,41E+02	7,75E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
54	1,50E+02	7,73E+01	1	0	0	1	0	1	1	1	1	6
55	1,50E+02	7,73E+01	0	0	0	0	0	1	1	1	0	3
56	1,41E+02	7,75E+01	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
57	1,50E+02	7,73E+01	1	0	0	1	0	1	1	1	1	6
Итого по площадным объектам			211	47	378	206	727	63	38	63	31	-

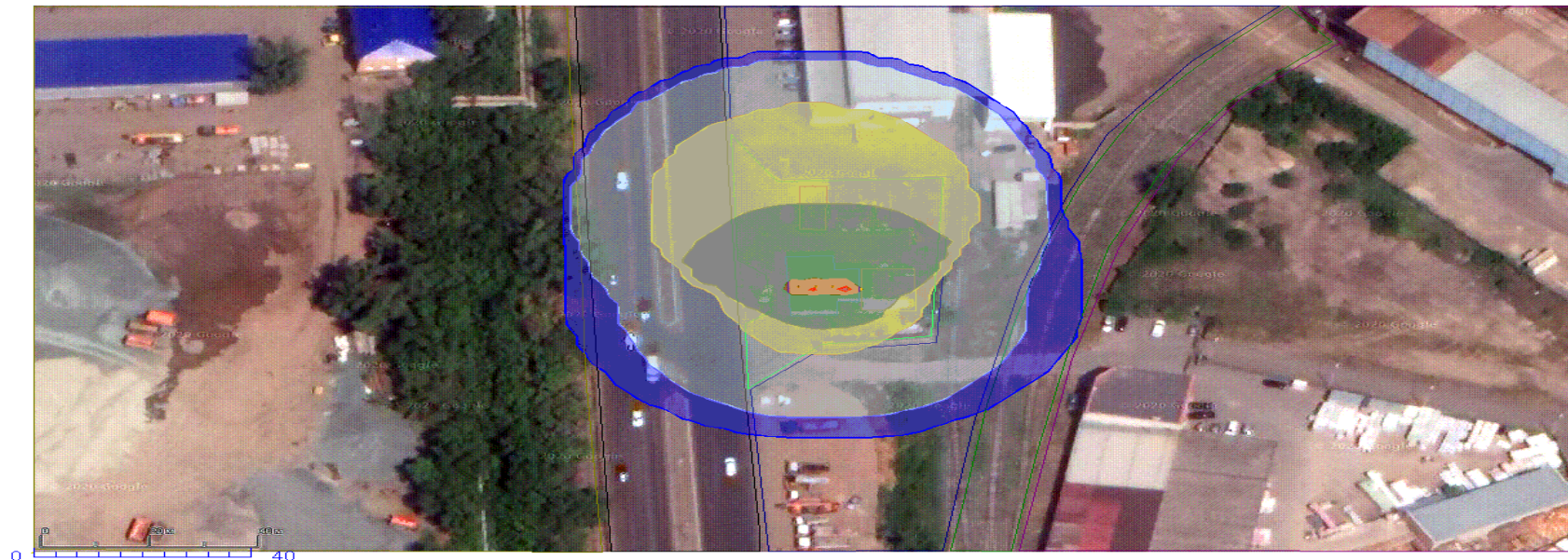
Таблица 15 - Группа физических лиц персонал

№ п/п	Наименование слоя	Число одновременно находящихся людей	Число riskующих	Кэф. присутствия	Коэффициенты защищенности от			Коллективный риск, чел/год	Индивидуальный риск, 1/год
					токсик	взрывов	гермического воздействия		
1.	Операторная	2	2	1.00	0.00	0.00	0.00	$6.19 \cdot 10^{-07}$	$3.09 \cdot 10^{-07}$
2.	Площадка АЦ	2	2	1.00	0.00	0.00	0.00	$4.46 \cdot 10^{-07}$	$2.23 \cdot 10^{-07}$
<b>Итого</b>		4	4	1.00	0.00	0.00	0.00	$1.1 \cdot 10^{-06}$	$2.7 \cdot 10^{-07}$

Таблица 16 -Группа физических лиц третьи лица

№ п/п	Наименование слоя	Число одновременно находящихся людей	Число riskующих	Кэф. присутствия	Коэффициенты защищенности от			Коллективный риск, чел/год	Индивидуальный риск, 1/год
					токсик	взрывов	гермического воздействия		
1.	Автодорога 1	40	40	1.00	0.00	0.00	0.00	$1.44 \cdot 10^{-06}$	$3.60 \cdot 10^{-08}$
2.	Автодорога 2	10	10	1.00	0.00	0.00	0.00	$1.35 \cdot 10^{-08}$	$1.35 \cdot 10^{-09}$
3.	Окружение З	120	120	1.00	0.00	0.00	0.00	$1.34 \cdot 10^{-08}$	$1.12 \cdot 10^{-10}$
4.	Окружение Ц	40	40	1.00	0.00	0.00	0.00	$1.14 \cdot 10^{-06}$	$2.85 \cdot 10^{-08}$
5.	Окружение В	240	240	1.00	0.00	0.00	0.00	$1.13 \cdot 10^{-08}$	$4.71 \cdot 10^{-11}$
6.	Площадка АЗС	2	2	1.00	0.00	0.00	0.00	$5.23 \cdot 10^{-07}$	$2.61 \cdot 10^{-07}$
7.	Площадка ТРК	2	2	1.00	0.00	0.00	0.00	$1.05 \cdot 10^{-06}$	$5.26 \cdot 10^{-07}$
<b>Итого</b>		454	454	1.00	0.00	0.00	0.00	$4.2 \cdot 10^{-06}$	$9.2 \cdot 10^{-09}$

Ситуационный план аварийной ситуации показан на рисунке 21.



№	уровень	цвет	интервал
1	1.000 e-09	■	1.000E-009 - 1.000E-008
2	1.000 e-08	■	1.000E-008 - 5.000E-007
3	5.000 e-07	■	5.000E-007 - 2.000E-007
4	2.000 e-07	■	2.000E-007 - 1.000E-007
5	1.000 e-07	■	1.000E-007 - 1.000E-006
6	1.000 e-06	■	1.000E-006 - 1.250E-006

Рисунок 21 - Ситуационный план аварийной ситуации



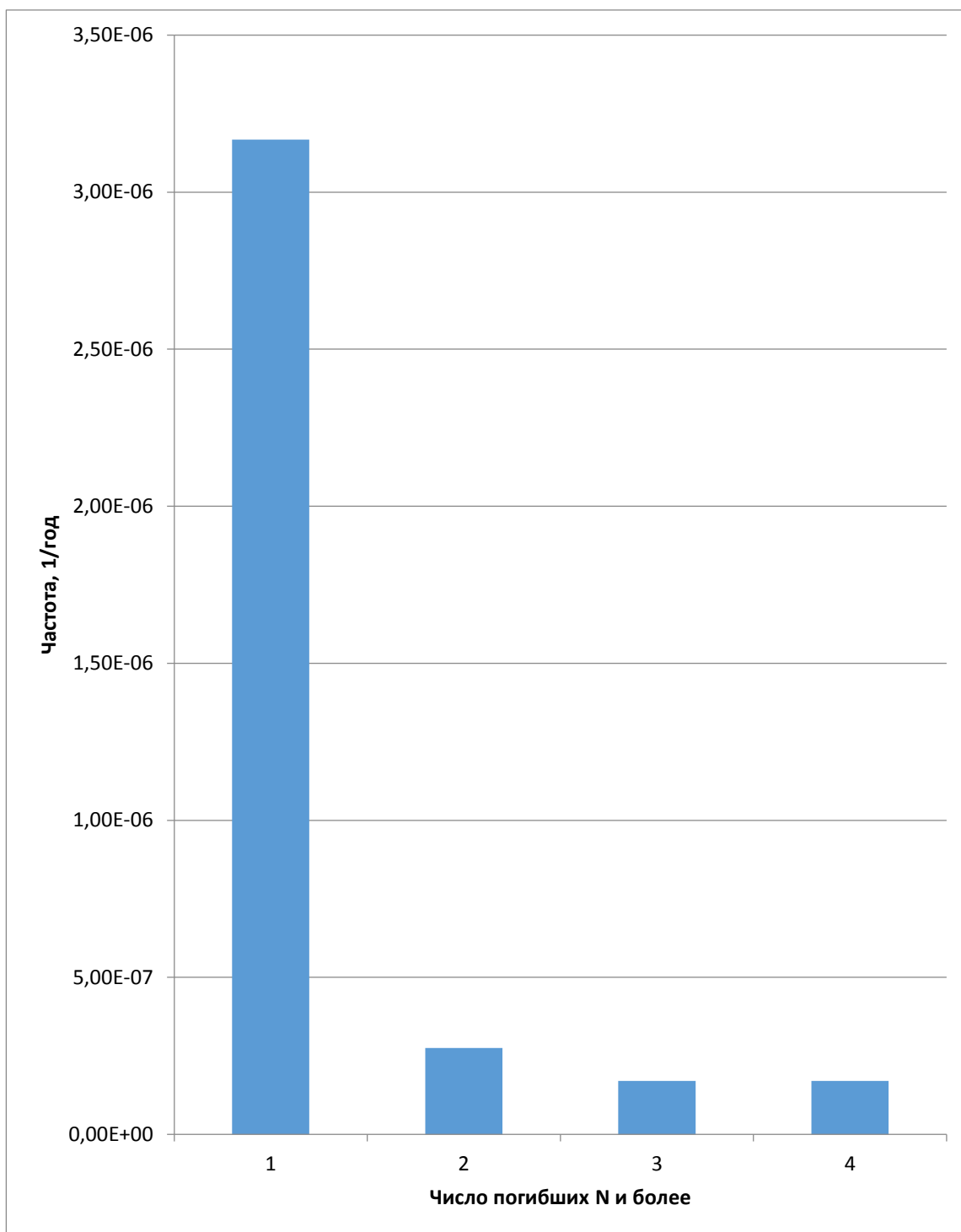


Рисунок 22 - Диаграмма F-N. Группа физических лиц: персонал

Группа физических лиц (персонал и третьи лица) приведены в таблицах

Диаграммы F-N. Группа физических лиц: персонал и третьи лица, показаны на рисунках 22 и 23.

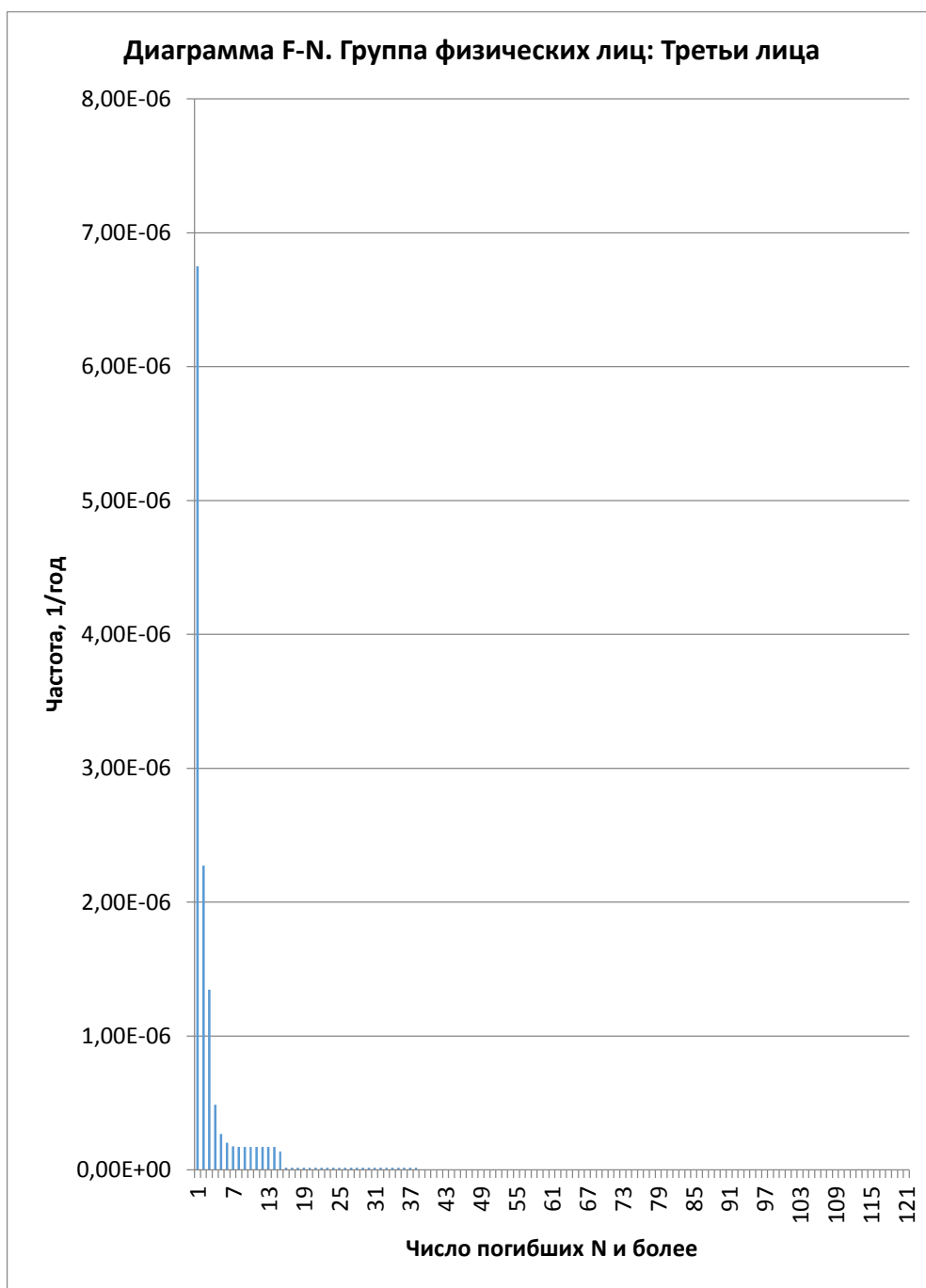


Рисунок 23 - Диаграмма F-N. Группа физических лиц: третьи лица

Индивидуальные пожарные риски на объекте и в селитебной зоне приведены в таблице 17.

Таблица 17 - Индивидуальный пожарный риск

Место	Число рискующих	Коллективный риск для площадного объекта, 1/год*чел	Индивидуальный риск для площадного объекта, 1/год
Объект			
Селитебная зона			

Индивидуальный пожарный риск на объекте:  $3,29778 \times 10^{-7}$

И

Сценарии, в которых количество погибших 10 и более человек приведены в таблице 18.

и

Таблица 18 - Сценарии, в которых количество погибших 10 и более человек:

и

№ сценария аварии	Частота сценария, 1/год	Итого по сценариям
2	1	125
4	4	75
7	5	17
25	6	42
27	9	42
30	3	14
44	6	125
	1	

Социальный пожарный риск:  $1,75254 \times 10^{-8}$

Выводы по разделу 3

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

н

ы

й

Проведен расчет времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Исследованы особенности организации эвакуации людей с территории автозаправочной станции.

Проведено вычисление потенциального и социального пожарных рисков на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта.

Общий результат диссертации

На основе выполненных исследований разработаны варианты применения модульных систем пожаротушения, с наполнением порошковых смесей, для обеспечения пожарной безопасности, на примере АЗС № 56048 г. Оренбург. При выполнении вышеуказанных мероприятий и расчета рисков, числовые значения пожарных рисков соответствуют нормативным значениям.

## Заключение

Результатом выполненного исследования является организация безопасной эксплуатации автомобильной заправочной станции, с разработкой новых инновационных мероприятий для обеспечения пожарной безопасности, на примере АЗС № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт», расположенной по адресу: г. Оренбург ул. Терешковой, 150/4.

Выводы по разделу 1

Проведен аналитический обзор проблемы пожарной безопасности АЗС.

Проведен анализ исходных данных автозаправочной станции № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт».

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

Проведен анализ систем обеспечения пожарной безопасности зданий на объекте.

Проведен анализ технологического оборудования на автозаправочной станции № 56048 ООО «ЛУКОЙЛ-Уралнефтепродукт».

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

- разрушение сливного устройства автоцистерны с бензином на площадке слива.

Проведено определение величины индивидуального пожарного риска в здании на территории АЗС.

Проведено определение времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Исследованы особенности организации эвакуации людей с территории автозаправочной станции и обоснована необходимость разработки новых

решений для обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре с территории АЗС.

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.

Выводы по разделу 2

Проведен анализ систем контроля и обеспечения пожарной безопасности объекта.

В основу обеспечения пожарной безопасности АЗС 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 АЗС в виде (приказов, инструкции, положений и т.п.).

Научная новизна исследования состоит в применении новых инновационных мероприятий, а именно в применении модульных систем пожаротушения с наполнением порошковых смесей, для обеспечения пожарной безопасности.

Обоснована целесообразность использования модульных систем пожаротушения, с наполнением порошковых смесей, на объектах АЗС с малой территорией и большими пожарными нагрузками.

Разработаны мероприятия по применению модульных систем пожаротушения с наполнением порошковых смесей, для обеспечения пожарной безопасности, на примере АЗС № 56048г. Оренбург.

Выводы по разделу 3

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

Проведен расчет времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Исследованы особенности организации эвакуации людей с территории автозаправочной станции.

Проведен расчет потенциального и социального пожарного риска на территории объекта и в селитебной зоне вблизи объекта.

На основе выполненных исследований разработаны варианты применения модульных систем пожаротушения, с наполнением порошковых смесей, для обеспечения пожарной безопасности, на примере АЗС № 56048 г. Оренбург. При выполнении вышеуказанных мероприятий и расчета рисков, числовые значения пожарных рисков соответствуют нормативным значениям.

## Список используемых источников

1. Анализ условий возникновения и развития аварий АЗС. [Электронный ресурс]: <http://lib.com.ru/Military%20Science/34271.htm>. (Дата обращения)
2. Автозаправочная станция. Большая российская энциклопедия. – Москва: Научное изд-во «Большая Российская Энциклопедия», 2005. [Электронный ресурс]: [http://alcddata.narod.ru/encyclopedia/BRE\\_2005](http://alcddata.narod.ru/encyclopedia/BRE_2005). (Дата обращения 25.02.2021).
- . 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.
- . Выполнение и оформление выпускных квалификационных работ, научно-исследовательских работ, курсовых работ магистров и отчетов по практикам [Электронный ресурс]: методические указания / М. Б. Быкова, Ж. А. Гореева, Н. С. Козлова, Д. А. Подгорный. — Электрон. текстовые данные. — М.: Издательский Дом МИСиС, 2017. — 76 с. (дата обращения: 02.10.2020).
- . Горина Л.Н. Производственная практика Научно-исследовательская работа по направлению подготовки магистров «Техносферная безопасность»: учебно-методическое пособие / Л.Н. Горина. – Тольятти: Изд-во ТГУ. 156 с.
- . ГОСТ Р 12.3.047-98 Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. [Электронный ресурс]:
- ГОСТ Р 51043-2002. Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Оросители. Общие технические требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс]: <https://www.google.com/aclk>. 112 с. (дата обращения: 12.02.2021)
- 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. [Электронный ресурс]: <https://go.mail.ru/redirect> — 147 с. (дата обращения: 17.03.2021).

ГОСТ Р 53281-2009 Установки газового пожаротушения автоматические. Модули и батареи. Общие технические требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс]: <https://files.stroyinf.ru/Data1/55/55406> — 43 с. (дата обращения: 15.03.2021).

10. ГОСТ Р 53284-2009 Техника пожарная. Генераторы огнетушащего аэрозоля. Общие технические требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс]: <https://docs.cntd.ru/document/1200071930> — 102 с. (дата обращения: 25.02.2021).

11. ГОСТ Р 53288-2009 Установки водяного и пенного пожаротушения автоматические. Модульные установки пожаротушения тонкораспыленной

в  
о

д 12. ГОСТ Р 53289-2009 Установки водяного пожаротушения автоматические. Оросители спринклерные для подвесных потолков. Огневые испытания. [Электронный ресурс]: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293830.htm> — 112 с. (дата обращения: 15.02.2021).

а 13. ГОСТ Р 53325-2009 Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования. Методы испытаний. [Электронный ресурс]: [http://ervist.ru/info/normbase/gost\\_r\\_53325-2009.pdf](http://ervist.ru/info/normbase/gost_r_53325-2009.pdf) — 75 с. (дата обращения: 12.02.2021).

Исследование и разработка технических решений по повышению

б

в пожарной безопасности. [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69–ФЗ. (с изменениями на 22 декабря 2020 года). URL:

о  
п  
а

(дата обращения: 03.03.2021 года).

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: 09.10.2020).

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

. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. N 1479 «О противопожарном режиме». 247 с.

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

Рубашина М. В. Обзор причин пожаров на объектах нефтегазового комплекса на примере автозаправочной станции. Научный электронный журнал «Инновации. Наука. Образование\Отв. ред. Сафронов А.И. – Тольятти: – 2021.– 29(март)–URL: <https://sibac.info/journal/student/129/199590> (дата обращения: 17.03.2021)

Серов В.А. Пути эвакуации людей при пожаре: общие требования// Охрана труда и пожарная безопасность. 2018. № 10. С. 46-57.

. СП 156.13130.2013. Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности. С. 78-84.

. СП 3.13130.2009 Системы противопожарной защит. Системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. С. 132-154.

. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. С. 83-90.

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).

СП 8.13130.2020 Системы противопожарной защиты. Наружное противопожарное водоснабжение. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Свод Правил / приказ МЧС России от 30.03.2020 №

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

. 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. Cluzel D., Sarrat P. Methode ERIC. Evaluation du Risque Incendie 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.

30. Gorbett, G. E. Fire Dynamics / G. E. Gorbett, J. L. Pharr, Rockwell S. - Pearson Education (US): 2016. (дата обращения: 02.07.2016).

31. Grimwood, P. Euro Firefighter: Global Firefighting Strategy and Tactics, Command and Control and Firefighter Safety [Text] / P.Grimwood. - JEREMY MILLS PUB. 2008 г. (дата обращения: 28.05.2008).

32. Overview of the CFAST fire model. <http://www.bfrl.nist.gov/864/hazard/cfast.html>. (дата обращения: 13.03.2012).

33. Shastri B. & Raghav, Y. & Sahadev, R. & Yadav, Bikarama. (2018).

