

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент магистратуры

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью

(направленность(профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему «Управление пожарными рисками на объектах нефтепромышленного комплекса на примере многотопливной АЗС (ЖМТ, СУГ, метан) в п. Прохоровка Белгородской области, ул. Первомайская, д. 80а»

Студент

Ю.В. Величко

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

кандидат технических наук, доцент А. В. Краснов

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

Тольятти 2021

Содержание

Введение	4
Термины и определения	12
Перечень сокращений и обозначений	13
1 Основные аспекты обеспечения пожарной безопасности многотопливных АЗС	14
1.1 Анализ нормативных требований по пожарной безопасности к многотопливным АЗС	14
1.2 Статистика и причины возникновения аварий и пожаров на автозаправочных станциях	18
1.3 Анализ пожарной опасности технологического процесса блока хранения СУГ и технологической системы КПП на примере многотопливной АЗС (ЖМТ, СУГ, метан) в п. Прохоровка Белгородской области	22
2 Системы обеспечения пожарной безопасности многотопливной АЗС на примере многотопливной АЗС (ЖМТ, СУГ, метан) в п. Прохоровка Белгородской области, ул. Первомайская, д. 80а»	34
2.1 Обоснование противопожарных расстояний между зданиями, сооружениями и наружными установками, обеспечивающих пожарную безопасность многотопливной АЗС	37
2.2 Обоснование принятых конструктивных и объемно-планировочных решений, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности строительных конструкций многотопливной АЗС	42
2.3 Обоснование проектных решений по обеспечению безопасности людей при возникновении пожара на многотопливной АЗС	44
2.4 Категории зданий, сооружений, помещений, оборудования и наружных установок по признаку взрывопожарной и пожарной опасности	46
2.5 Обеспечение противопожарной защиты на МАЗС	47

2.6	Оценка пожарного риска на многотопливных АЗС на примере многотопливной АЗС (ЖМТ, СУГ, метан) в п. Прохоровка Белгородской области	54
3	Управление пожарными рисками на объектах нефтепромышленного комплекса на примере многотопливной АЗС	106
3.1	Разработка инновационных инженерно-технических мероприятий для снижения уровня пожарного риска	107
3.2	Оценка влияния разработанных инженерно-технических мероприятий на уровень пожарного риска	113
	Заключение	117
	Список используемых источников	119

Введение

Сети автозаправочных станций, как системы обеспечения нефтепродуктами, служат для реализации моторных топлив конечным потребителям. Они входят в состав нефтяной промышленности и наряду с электро- и газоснабжением, транспортом и связью образуют стратегические национальные сетевые образования, необходимые для функционирования и развития государства и общества в целом.

«Многотопливная автозаправочная станция (далее МАЗС) - это АЗС, на территории которой предусмотрена заправка транспортных средств двумя и более видами топлива, среди которых допускается жидкое моторное топливо (бензин и дизельное топливо), СУГ (сжиженный пропан-бутан) и КППГ (в том числе регазифицированный)» [21].

В настоящее время сформировалась реальная необходимость использования в качестве топлива СУГ и КППГ, в дополнение к наиболее популярному ЖМТ.

Это обусловлено рядом преимуществ газомоторного топлива по сравнению с традиционным ЖМТ (бензин и дизельное топливо), такие как относительная его дешевизна и экологически чистого топлива.

Строительство самостоятельных АГЗС и АГНКС в России сопряжено, как с организационными вопросами, так и финансовыми затратами.

Собственниками сетей АЗС принятие решения о применении КППГ и СУГ в качестве моторного топлива для реализации, не осуществляется по ряду объективных причин. К таким причинам можно отнести:

- 1) длительный срок окупаемости. Предприниматели считают, что вкладывать значительные финансы (от 30 млн. рублей и более) в строительство АГНКС и/или АГЗС, при том незначительном, в процентном отношении, количестве транспортных средств, работающих на СУГ или КППГ в среднем по региону, не рентабельно;

2) собственники транспортных средств и организации не переводят свои автомобили на КПП или СУГ из-за слабо развитой сети данных заправок. Из-за значительного расстояния между АГЗС (АГНКС), а порой и отсутствия мест заправки автомобилей, работающих на СУГ или КПП, экономия от применения более дешевого топлива, по отношению к ЖМТ, незначительная, а порой и отсутствует в целом.

Можно сделать выводы, что для собственников, чьи транспортные средства не переоборудованы для работы на СУГ или КПП, сокращение расстояний между местами заправки, путем увеличения их количества, является основным сдерживающим фактором по принятию решения о переводе своих транспортных средств с ЖМТ на СУГ или КПП, для достижения экономии за счет разницы в цене на топливо.

Для предпринимателей, которые занимаются реализацией нефтепродуктов, на АЗС, принципиально, чтобы реализация всех видов топлива приносила прибыль. Разветвленную сеть АГНКС и АГЗС можно создать, если их «добавлять» на уже существующие АЗС жидкого моторного топлива, которые как правило хорошо развиты, как в самих населенных пунктах, так и на основных дорогах федерального и регионального значения.

В качестве наиболее целесообразного и эффективного способа увеличения количества мест заправки СУ или КПП транспортными средствами предлагается создание многотопливных АЗС путем реконструкций, существующих АЗС.

Актуальность настоящего исследования заключается в том, что сети реализации ЖМТ, СУГ и КПП, т.е. МАЗС, потребителям, относятся к стратегически важным элементам национальной экономики, которые оказывают влияние на результаты ее развития. Они относятся к нефтяной промышленности, и наряду с электро- и газоснабжением, транспортом и связью образуют стратегические национальные сетевые образования.

Научная значимость заключается в постоянном увеличении количества транспортных средств в стране, и соответственно увеличение количества

автозаправочных станций, и в связи с этим необходимость актуализации нормативных требований по пожарной безопасности для АЗС, способов и методов обеспечения их безопасной эксплуатации.

«Следует отметить, что многотопливная АЗС характеризуется высокой пожаровзрывоопасностью, так как предполагается устройство и размещение технологической системы для приема, хранения и заправки транспортных средств жидким моторным топливом (бензин различных марок и дизельное топливо), сжиженным углеводородным газом и компримированным природным газом, включающей в себя подземные (надземные) резервуары, компрессорную станцию природного газа с аккумуляторами, топливораздаточные колонки и т.п. Пожарная опасность указанных объектов определяется большим количеством оборудования под давлением, в котором обращаются горючие газы.» [17].

МАЗС относятся к потенциально опасным объектам, на которых с большой долей вероятности возможно возникновение пожаров, и соответственно они представляет серьезную опасность как для людей, так и рядом расположенных с ними зданий и сооружений. Кроме этого, также возможно воздействие на МАЗС и со стороны рядом расположенных с ними потенциально опасных объектов и транспортных коммуникаций.

На рассматриваемых МАЗС повышена вероятность возникновения цепного развития аварий и в последующем ЧС, которые могут привести к наиболее худшим последствиям. Поэтому необходимо учитывать тот фактор, что при возникновении аварии на одном участке (технологическом оборудовании), она способна передаваться на соседние участки (технологическое оборудование).

Применяемая система противопожарной защиты на МАЗС должна быть целесообразная, применяемые технические средства и оборудование экономически оптимальными, организационные мероприятия по предупреждению аварий и пожаров эффективными.

Обеспечение пожарной безопасности на МАЗС определяются требованиями к объемно-планировочным и конструктивным решениям, их степени огнестойкости, классу конструктивной пожарной опасности, а также проведением организационных мероприятий [2].

Объектом исследования является многотопливная АЗС (ЖМТ, СУГ, метан) в п. Прохоровка Белгородской области, ул. Первомайская, которая обеспечивает потребителей жидким и газомоторным топливом.

К предмету исследования относятся технические решения, способы и методы анализа, принятия риск-ориентированного подхода, оптимального и наиболее приемлемого по заданным исходным данным для МАЗС. Необходимость повышения технико-экономических показателей сетей МАЗС одно из необходимых проблемных мероприятий. Недостаточность известных способов, методов и методик для эффективного и безопасного управления всеми технологическими процессами при безусловном обеспечении их пожарной безопасности.

Цель исследования - это разработка моделей и методов управления пожарными рисками на объектах нефтепромышленного комплекса путем сокращения противопожарных расстояний (на основе расчета пожарных рисков) на примере многотопливной АЗС в п. Прохоровка.

Гипотеза исследования состоит в том, что если осуществить для многотопливных АЗС разработку противопожарных мероприятий на основе расчетов пожарных рисков, минимизировав затраты на их реализацию, с дальнейшим внедрением по всей сети многотопливных АЗС, то возрастет рентабельность вложения средств при достаточном обеспечении противопожарных мероприятий.

Для достижения поставленных целей необходимо решить следующие задачи:

- 1) провести анализ существующих нормативных требований пожарной безопасности к минимальным расстояниям от АГНКС и АГЗС,

выполненных как самостоятельные участки многотопливной АЗС, как на территории МАЗС, так и до объектов, к ним не относящихся;

2) совершенствовать способы и методы оценки пожарной опасности таких параметров МАЗС, как способы распределения по территории МАЗС зданий и сооружений, технологических процессов (оборудования), людей, как на ее территории, так и вблизи ее, так и наличие системы противопожарной защиты, противоаварийной защиты, которые при расчете пожарного риска будут влиять на его результат;

3) оценка пожарного риска для многотопливной АЗС на примере МАЗС (ЖМТ, СУГ, метан) в п. Прохоровка Белгородской области, ул. Первомайская, д. 80а;

4) анализ факторов, влияющих на величину риска для МАЗС, и разработка научно обоснованных способов его снижения;

5) определение эффективности и оптимальности разработанных способов снижения пожарного риска.

Теоретико-методологическую основу исследования составили:

1) статистические данные о пожарах на АЗС, произошедших в России, в 2014-2018 годах;

2) научные статьи, связанные с проблемами безопасной эксплуатации многотопливных АЗС (см. Таблицу 1 ниже);

3) проектная документация на проектирование и строительство в части обеспечения пожарной безопасности, разработанные для многотопливной АЗС (ЖМТ, СУГ, метан) в п. Прохоровка Белгородской области, ул. Первомайская, д. 80а.

Базовыми для настоящего исследования явились также:

1) технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123 (ред. от 27.12.2018) [26];

2) СП 156.13130.2014 Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Свод Правил / приказ МЧС России от 05.05.2014 № 221 [21];

3) методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах (с изменениями на 14 декабря 2010 года) [Электронный ресурс]: приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 (Документ с изменениями, внесенными: приказом МЧС России от 14 декабря 2010 года № 649) [17];

4) анализ информационной и научно-теоретической базы, включающей

нормативно-правовую документацию, публикации в периодических научно-технических изданиях, технических описаний патентов на изобретения, содержащихся в электронных библиотеках федеральной службы по интеллектуальной собственности (ФСИС), изложенных на сервере федерального института промышленной собственности (ФИПС), относящихся к решению технических проблем обеспечения пожарной безопасности технологического оборудования АЗС.

Методы исследования. Для решения поставленных задач применялся теоретический анализ научных публикаций, статей, а также диссертаций по рассматриваемой тематике

В качестве теоретических методов применялись также разработка концепции, теоретическое моделирование и проектирование. В качестве эмпирических методов исследования использовались качественный и количественный анализ полученных данных с помощью методов математической статистики.

Опытно-экспериментальная база исследования осуществляется на сети МАЗС функционирующих на территории Белгородской области (всего 7 объектов), основным объектом изучения является МАЗС в п. Прохоровка

Научная новизна исследования заключается в:

- 1) разработке теоретико-методологических основ деятельности многотопливных АЗС, с учетом ограниченного пространства для размещения технологического оборудования;
- 2) определении уровня обеспечения пожарной безопасности МАЗС на основе расчетов пожарных рисков в условиях плотной застройки прилегающей территории;
- 3) установлении критериев оценки соответствия МАЗС требованиям пожарной безопасности при отклонении от нормативных показателей по размещению технологического оборудования.

Теоретическая значимость исследования заключается в развитии теории и методов принятия обеспечения пожарной безопасности многотопливных АЗС на основе расчетов пожарных рисков.

Практическая значимость исследования заключается в возможности дальнейшего использования результатов исследования при проектировании и строительстве современных многотопливных АЗС на ограниченной территории, в том числе и при реконструкции (расширении) существующих АЗС жидкого моторного топлива, что приведет к повышению эффективности их функционирования при условии обеспечения достаточного уровня пожарной безопасности.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивались:

- 1) аналогичностью результатов, созданных и предложенных ранее аварийных ситуаций на существующих АЗС;
- 2) применением корректных методов исследования при разработке технических решений для МАЗС;
- 3) разработкой реально возможных аварийных ситуаций, исследуемой МАЗС путем моделирования на компьютере, в том числе и с использованием расчетных сертифицированных программ.

Степень достоверности работы обусловлена применением официально принятых расчетных методик с сопоставлением полученных расчетных результатов с фактическими.

В заключение следует отметить, что проведение реконструкции существующих АЗС с ЖМТ, с добавлением на их территории самостоятельных участков АГНКС (КПП) и АГЗС (СУГ), при условии обеспечения на них требований пожарной безопасности, позволит:

1) наиболее эффективно использовать имеющиеся сегодня АЗС и в короткие сроки обеспечить их рентабельность;

2) предпринимателям, являющимся собственниками АЗС, изменить свой бизнес, в лучшую сторону, путем модернизации и повысить его доходность;

3) собственникам транспортных средств и организациям, использующих СУГ и КПП, как наиболее дешевое топливо, получить удобную сеть МАЗС, с минимизацией пробега до них;

4) для жителей населенных пунктов, сократить вредные выбросы в воздушное пространство (атмосферу) за счет расширения использования на автотранспорте самого экологически чистого моторного топлива;

5) для автостроительной отрасли (производителей транспортных средств), осуществлять разработку и осваивать выпуск непосредственно с предприятия, автомобилей оборудованных двигателями, работающими как на ЖМТ, так и на газообразном топливе.

Термины и определения

В настоящем отчете применяются следующие термины с соответствующими определениями.

«Аварийный расход газа по трубопроводу - расход газа по трубопроводу при аварийной разгерметизации оборудования технологической системы» [21].

«Аварийный пролив топлива - топливо, поступившее из оборудования в окружающее пространство в результате аварийной разгерметизации указанного оборудования и/или нарушения требований к эксплуатации АЗС» [21].

«Автомобильная заправочная станция, выполненная как самостоятельный участок многотопливной АЗС - это АЗС одного вида топлива, технологическая система которой отвечает требованиям к самостоятельному участку многотопливной АЗС с этим видом топлива, а требования к ее размещению, включая размещение зданий и сооружений сервисного обслуживания для водителей, пассажиров и их транспортных средств на территории этой АЗС, аналогичны требованиям к размещению многотопливной АЗС» [21].

«Блок хранения топлива - сборочная единица технологической системы АЗС заданного уровня заводской готовности и производственной технологичности, предназначенная для приема и хранения топлива» [21].

«Граница АЗС - отображаемая на ситуационном плане земельного участка линия, разделяющая территорию АЗС, на которой должны выполняться требования противопожарного режима эксплуатации этой АЗС, и прилегающую к ней территорию» [21].

Перечень сокращений и обозначений

В настоящем отчете применяют следующие сокращения:

«АЗС - автомобильная заправочная станция» [21]

«МАЗС – многотопливная автомобильная заправочная станция» [21]

«АГЗС - автомобильная газозаправочная станция» [21]

«АГНКС - автомобильная газонаполнительная компрессорная станция»
[21]

ЧС – чрезвычайная ситуация

«АЦ - автомобильное транспортное средство для транспортирования
топлива (автоцистерна)» [21]

«ГЖ - горючая жидкость» [21]

«ЛВЖ - легковоспламеняющаяся жидкость» [21]

ЖМТ – жидкое моторное топливо

«КПГ - компримированный природный газ» [21]

«МЭГК - многоэлементный газовый контейнер» [21]

«НКПР - нижний концентрационный предел распространения
пламени»

[21]

«СУГ - сжиженные углеводородные газы» [21]

«ТРК - топливораздаточная колонка» [21]

СЗЗ – санитарная защитная зона

СКЗ – система катодной защиты

СГ – сеть газораспределения [25]

1 Основные аспекты обеспечения пожарной безопасности многотопливных АЗС

1.1 Анализ нормативных требований по пожарной безопасности к многотопливным АЗС

Основные требования пожарной безопасности к автозаправочным станциям содержатся в Федеральном законе от 22.07.2008 г. № 123 (в ред. от 27.12.2018 г. № 244-ФЗ) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее ФЗ-123) и Своде правил СП 156.13130.2014 «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности» (утв. Приказом МЧС России от 05.05.2014 № 221) [26, 21].

Требования, изложенные в данных документах, установлены для обеспечения безопасной эксплуатации МАЗС, возможности спасения людей при пожаре, минимизации материальных потерь, а также организации эффективного пожаротушения.

Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123 (в ред. от 27.12.2018 г. № 244-ФЗ) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (далее ФЗ-123) [26].

ФЗ-123 состоит из 8 разделов и приложений:

В статье 71 определены требования по противопожарным расстояниям от зданий и сооружений автозаправочных станций до граничащих с ними объектов защиты;

В разделе III определены требования пожарной безопасности при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений (статьи 78-91), в том числе нормативные значения пожарного риска для зданий и сооружений (ст. 79), которые распространяются и на АЗС.

В разделе IV определены требования пожарной безопасности к производственным объектам (статьи 92-100), в том числе нормативные значения пожарного риска для производственных объектов (ст. 93), а также

требования пожарной безопасности к технологическому оборудованию с обращением пожароопасных, пожаровзрывоопасных и взрывоопасных технологических сред.

В разделе V определены требования пожарной безопасности к пожарной технике (статьи 101-132), в том числе к первичным средствам пожаротушения (глава 24, статьи 105-107);

В приложении к ФЗ-123 в таблице 15 определены требования к противопожарным расстояниям от автозаправочных станций бензина и дизельного топлива до граничащих с ними объектов, а в таблице 19 противопожарные расстояния от резервуарных установок сжиженных углеводородных газов до объектов защиты.

Свод правил СП 156.13130.2014 «Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности» устанавливает требования пожарной безопасности для автозаправочных станций, предназначенных для приема, хранения моторного топлива (ЖМТ, СУГ, СПГ, КПП) и заправки им наземных транспортных средств.

Он применяется при проектировании, строительстве вновь строящихся и реконструкции действующих автозаправочных станций.

СП 156.13130.2014 состоит из 9 разделов и 7 приложений.

В разделе 3 даны термины и определения, в том числе автомобильной заправочной станции, выполненной как самостоятельный участок многотопливной АЗС.

В разделе 5 определена классификация АЗС, в том числе рассматриваемая в данной диссертации. многотопливная автозаправочная станция - АЗС, на территории которой предусмотрена заправка транспортных средств двумя и более видами топлива, среди которых допускается жидкое моторное топливо (бензин и дизельное топливо), СУГ (сжиженный пропан-бутан) и КПП (в том числе регазифицированный).

В разделе 6 определены общие требования к АЗС, так одним из ключевых требований является, что при проектировании АЗС следует

предусматривать применение серийно выпускаемых технологических систем АЗС, имеющих техническую документацию.

В разделе 7 определены дополнительные требования к АЗС жидкого моторного топлива, которые выполняются на рассматриваемом в диссертации АЗС в п. Прохоровка.

В разделе 8 даны дополнительные требования к АЗС с наличием газового моторного топлива.

Перечень нормативных документов, в которых определены требования к АЗС, не противоречащие основным документам ФЗ-123 [26] и СП156.13130.2014 [21]. При проектировании многотопливных автозаправочных станций необходимо принимать и другие нормативные документы по обеспечению пожарной безопасности объекта проектирования в части, не противоречащей требованиям настоящего свода правил [21], в части зданий и сооружений на территории АЗС (операторная, сервисное обслуживание водителей, пассажиров, а также транспортных средств):

– СП 1.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы»;

– СП 2.13130.2012 «Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты», в части зданий и сооружений на территории АЗС;

– СП 3.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожарах. Требования пожарной безопасности»;

– СП 4.13130.2013 «Ограничение распространения пожара на объектах защиты»;

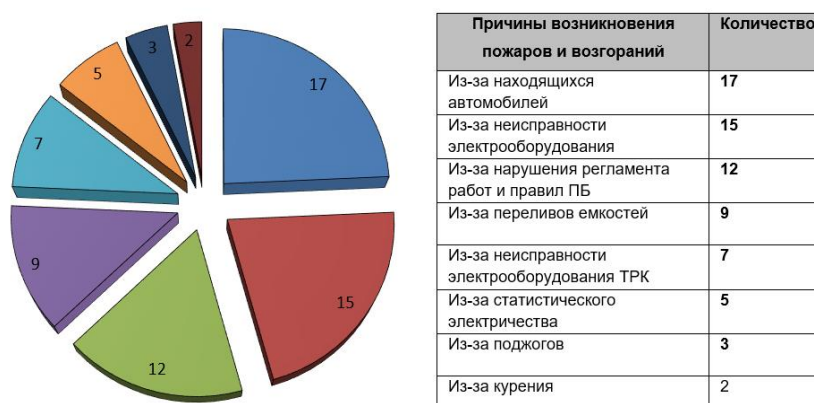
– СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»;

- СП 6.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Электрооборудование. Требования пожарной безопасности» применяется при проектировании и монтаже электрооборудования систем противопожарной защиты;
- СП 7.13130.2013 «Отопление, вентиляция и кондиционирование. Противопожарные требования»;
- СП 8.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности», в части технических требований к элементам наружного пожаротушения (водопровод, резервуары и т.д.);
- СП 9.13130.2009 «Техника пожарная. Огнетушители. Требования к эксплуатации», в части касающихся первичных средств пожаротушения на АЗС;
- СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».
- ГОСТ 12.1.007-76* Система стандартов безопасности труда. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности;
- ГОСТ 12.1.044-89 (ИСО 4589-84) Система стандартов безопасности труда. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения;
- ГОСТ 19433-88 Грузы опасные. Классификация и маркировка;
- ГОСТ 31565-2012 Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности;
- ГОСТ Р 50913-96 Автомобильные транспортные средства для транспортирования и заправки нефтепродуктов. Типы, параметры и общие технические требования;
- ГОСТ Р 53316-2009 Кабельные линии. Сохранение работоспособности в условиях пожара. Метод испытания;

– ГОСТ Р 54808-2011 Арматура трубопроводная. Нормы герметичности затворов.

1.2 Статистика и причины возникновения аварий на автозаправочных станциях

На АЗС осуществляются следующие технологические процессы: прием, хранение, выдача (отпуск) и учет количества нефтепродуктов. Дополнительно на АЗС реализуют смазки, специальные жидкости, запасные части к автомобилям и другим транспортным средствам, а также оказываются услуги владельцам и пассажирам транспортных средств. Особенностью, влияющей на увеличение пожаров (взрывов) на АЗС, является размещение технологического оборудования на открытых площадках с нарушением существующих требований пожарной безопасности и нарушение правил его эксплуатации [19]. На рисунках 1 и 2 и в таблице 1 согласно [4] приведены основные причины возникновения пожаров на АЗС.



Итого: 68 пожаров
Погибло: 9 чел.
Пострадало: 19 чел.
Ущерб: около 897,75 млн.руб

Рисунок 1- Причины возникновения пожаров и возгораний на АЗС и их количество [16]

«Анализ технической и специальной литературы в области статистики пожаров на АЗС и их причин позволил построить гистограмму, которая наглядно показывает процентный состав причин таких аварий» [16].

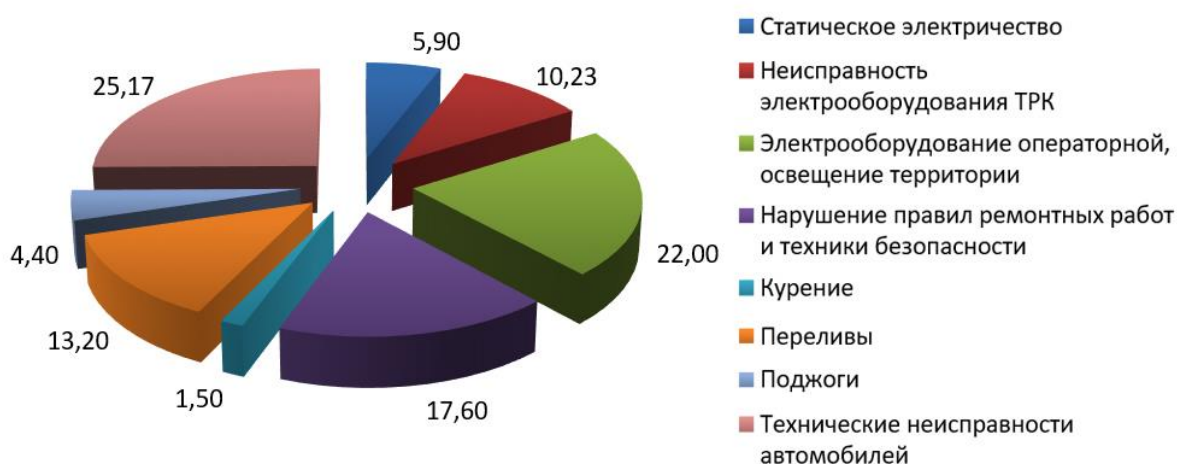


Рисунок 2 – Причины пожаров на АЗС в РФ и СНГ (%) [16]

«Начальным событием аварии на АЗС является утечка пожаровзрывоопасного продукта, что может произойти вследствие разгерметизации емкости (резервуара), разгерметизации автоцистерны, разгерметизации элемента наливной эстакады (гибкого шланга)» [16].

Таблица 1 - Причины возникновения пожаров на АЗС

Причины возникновения пожаров и загораний	Количество	%
От автомобилей, в том числе:	17	25,1
- искры из выхлопной трубы	6	8,8
- нагретые части автомобиля	5	7,4
- электрооборудование	4	5,9
- заправка с работающим двигателем	2	3,0
Электрооборудование операторной, освещение территории	15	22,0
Нарушение правил ремонтных работ и техники безопасности	12	17,6
Переливы	9	13,2
Неисправности электрооборудования топливораздаточных колонок	7	10,3
Статическое электричество	4	5,9
Поджоги	3	4,4
Курение	1	1,5
Всего	68	100

Как видно из таблицы 2 в период с 2014 по 2018 г.г. на АГЗС произошло 11 опасных событий, т.е. в среднем до 2-х пожаров или взрывов в год.

Таблица 2 - Статистические данные по пожарам на объектах газовой промышленности с 2014 по 2018 г.г. [16]

Объекты на которых возникали пожары	Число опасных событий					ИТОГО по видам
	2014	2015	2016	2017	2018	
пожары на объектах транспортировки газа (нарушения герметичности газопроводов)	9 (50%)	10 (53%)	10 (77%)	16 (66,6%)	5 (62,5%)	50 (61%)
пожары на объектах транспортировки газа (нарушение правил перевозки автомобильным и ж/д транспортом)	1 (5,5%)	1 (5%)	0	0	0	2 (2%)
пожары на ГНС, ГРС и газоперерабатывающих заводах (нарушение технологического режима)	4 (22%)	3 (16%)	2 (15,4%)	3 (12,5%)	0	12 (15%)
Пожары и взрывы на АГЗС (нарушение технологического режима и правил техники безопасности)	1 (5,5%)	3 (16%)	1 (7,6%)	3 (12,5%)	3 (37,5%)	11 (13%)

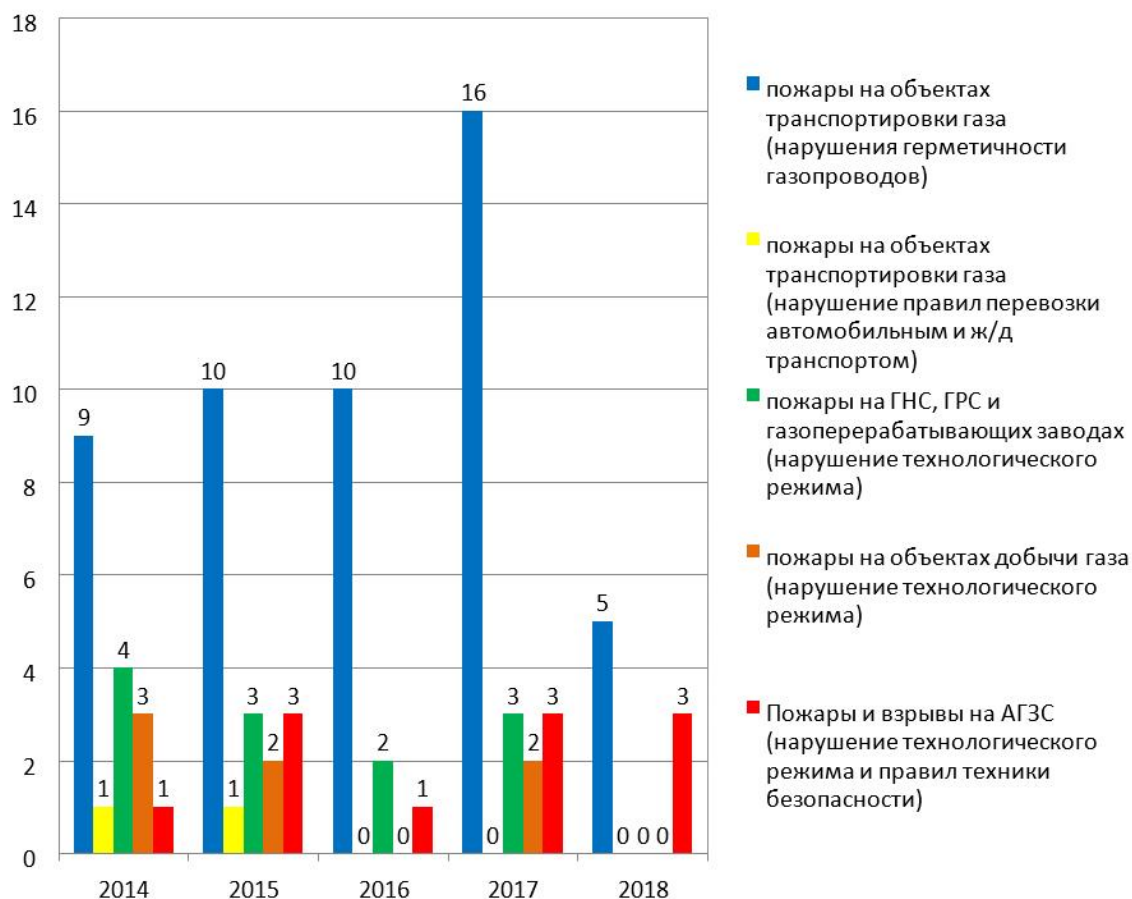


Рисунок 3 - Статистические данные по пожарам на объектах газовой промышленности с 2014 по 2018 г.г. [16]

В результате изучения и обобщения справочной информации основными причинами пожаров и взрывов на МАЗС могут быть:

- нарушение технологического режима и правил техники безопасности, в том числе в части касающейся находящихся на МАЗС автомобилей;
- нарушения правил электробезопасности, как на территории, так и в зданиях и сооружениях;
- нарушение техники безопасности при проведении ремонтных работ.

1.3 Анализ пожарной опасности технологического процесса блока хранения СУГ и технологической системы КПП на примере многотопливной АЗС (ЖМТ, СУГ, метан) в п. Прохоровка Белгородской области

Согласно федеральной и областной программ по обеспечению потребителей Белгородской области альтернативными видами топлива, таким как КПП (метан), собственником АЗС ЖМТ компании «Белнефть» принято решение о реконструкции собственных АЗС под МАЗС, там где это возможно.

Одним из объектов реконструкции является АЗС в п. Прохоровка, которая рассматривается в настоящей диссертации.

На существующей АЗС ЖМТ (бензин и дизельное топливо) в п. Прохоровка, собственником принято решение дополнительно разместить СУГ и КПП. Проблема состоит в том, что существующий участок не позволяет без отступления от существующих требований по пожарной безопасности, а также санитарных норм, разместить дополнительно СУГ и КПП. Кроме того, поставлена задача уменьшить стоимость затрат на дополнительное оборудование. Ситуационный план размещения и общий вид АЗС показан на рисунке 4.

В ходе прохождения производственных практик на стадии проектирования разработаны технические решения по обеспечению пожарной безопасности, а также обеспечению санитарных норм [8].

В качестве технического решения, по сокращению противопожарных расстояний, предложено применение противопожарных преград в виде противопожарных разрывов, в соответствии со статьей 37, п. 1 [26], в комплексе с проведением расчетов пожарного риска, а также применение защитных экранов.

В качестве технического решения по снижению финансовых затрат, с учетом обеспечения частоты разгерметизации стенок подземных резервуаров

хранения СУГ и трубопроводов СУГ и КПП вследствие воздействия на них электрохимической коррозии не более 1×10^{-6} в год, предусматривается система катодной защиты (СКЗ) [23].

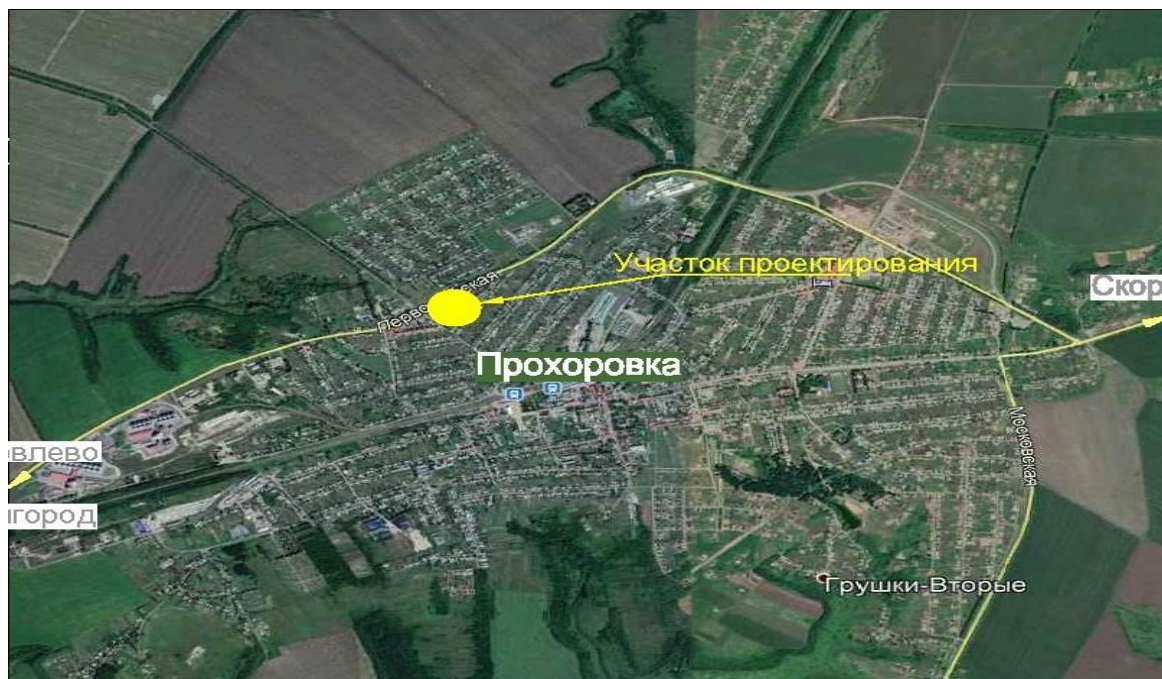


Рисунок 4 - Ситуационный план размещения и общий вид АЗС в п. Прохоровка Белгородской области

Вопросы обеспечения санитарных норм, в связи с увеличением санитарной защитной зоны с 50 м до 100 м, решаются путем технических решений по уменьшению вредных выбросов и снижению шума подтвержденных расчетом СЗЗ (см. рисунок 5) и в данной работе не рассматриваются.

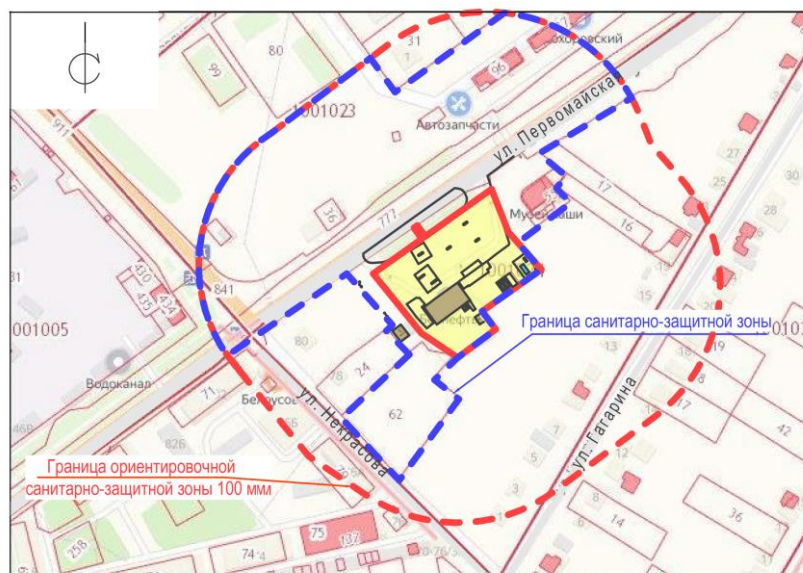


Рисунок 5 – Граница СЗЗ АЗС в п. Прохоровка Белгородской области

Далее рассмотрим блок приема и хранения СУГ и технологическую систему КПП.

1.3.1 Блок приема и хранения СУГ

Для заправки транспортных средств сжиженным углеводородным газом предусмотрены 2 одностенных резервуара заводского исполнения с насосным блоком, имеющие необходимый набор систем, средств защиты и безопасности. Наполнение резервуаров СУГ осуществляется от заправочной автоцистерны по ГОСТ 21561-17.

Подземные резервуары устанавливаются на фундамент, засыпаются песком средней крупности и песчано-гравийной смесью. Над поверхностью земли монтируется насосное оборудование, трубопроводная обвязка с различными отключающимися устройствами, узел слива и ТРК. Вариант размещения блока СУГ с ТРК, на примере МАЗС в п. Прохоровка, показан на рисунке 6

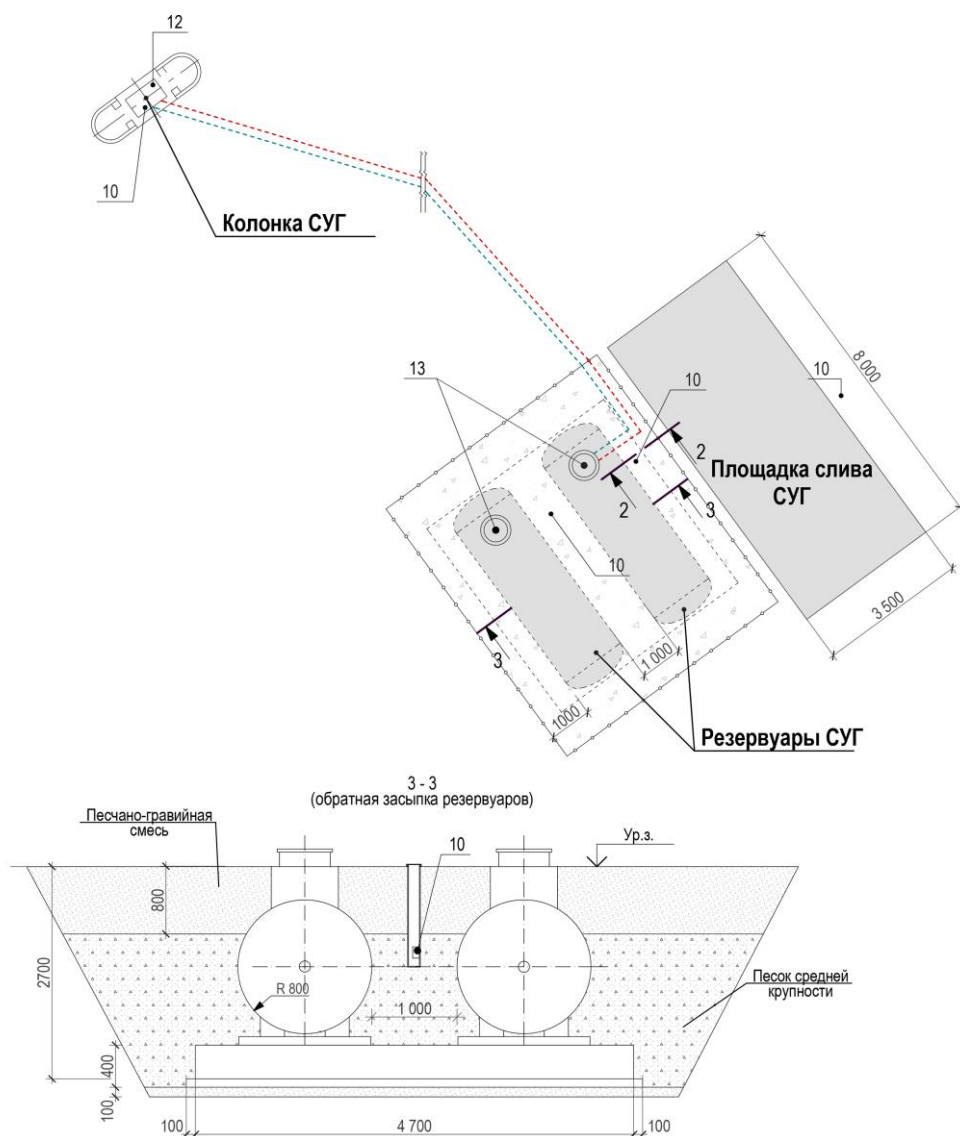


Рисунок 6 – Технический план размещения и разрез 3-3 резервуаров и ТРК СУГ на МАЗС в п. Прохоровка Белгородской области

В модуле резервуары и участки технологических трубопроводов СУГ и его паров оснащаются быстродействующими самосрабатывающими или автоматическими устройствами (скоростные, обратные, электромагнитные и т.п. устройства) со временем срабатывания не более 0,5-1 секунды и вероятностью отказа систем автоматического аварийного отключения не выше $1 \cdot 10^{-6}$ в год или резервированием (дублированием) в обязательном порядке тех автоматических систем аварийного отключения трубопроводов, вероятность отказа которых превышает $1 \cdot 10^{-6}$ в год.

Принципиальная схема подземного блока СУГ приведена на рисунке 7.

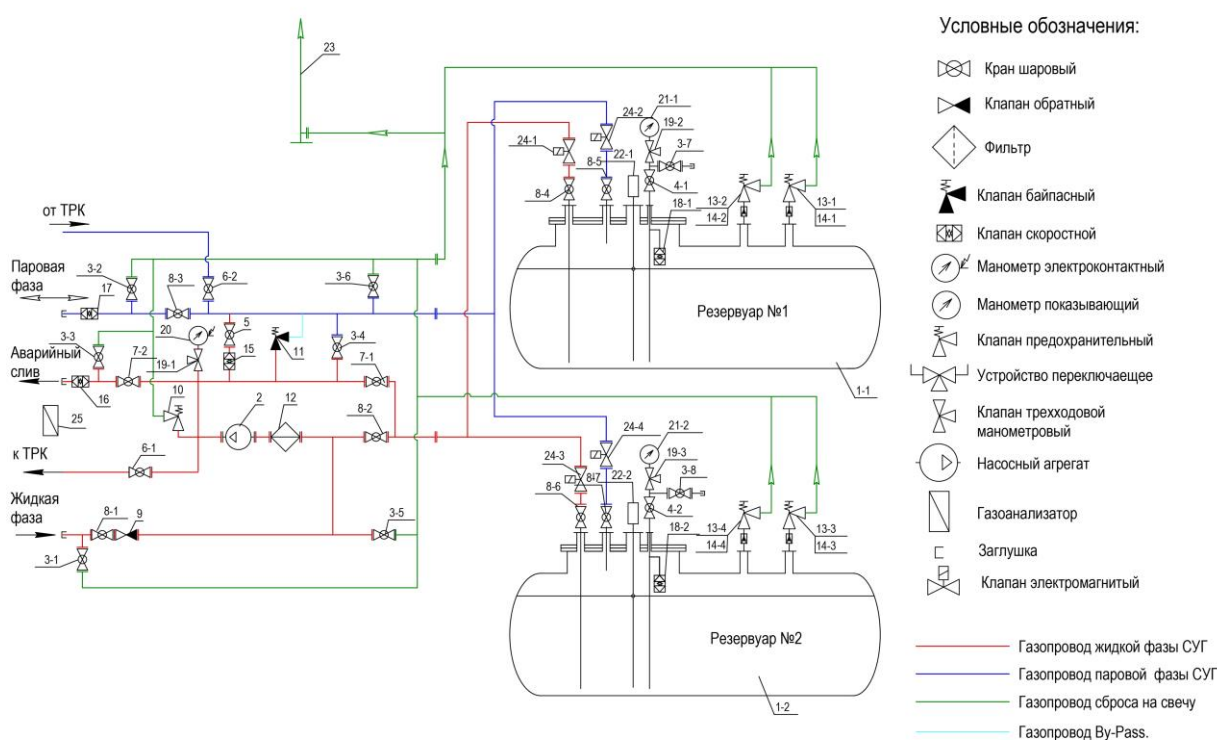


Рисунок 7 - Принципиальная схема подземного блока СУГ

Проектом принята газораздаточная колонка Татсуно ВМР 522/LPG, которая показана на рисунке 8. Колонка предназначена для измерения объемного количества сжиженного углеводородного газа (пропан-бутановой смеси, LPG, СУГ), выдаваемого в процессе заправки транспортных средств



Рисунок 8 - Газораздаточная колонка Татсуно BMP 522/LPG

Основную пожарную опасность представляют хранящиеся сжиженные углеводородные газы, представляющие собой смесь химических соединений, состоящую в основном из водорода и углерода. Точка кипения – около $42,1^{\circ}\text{C}$. Образует с воздухом взрывоопасные смеси при концентрации паров от 2,1 до 9,5%. Температура самовоспламенения в воздухе при давлении 0,1 МПа (760 мм рт. ст.) составляет около 470°C [14].

Пожароопасная ситуация в наземном блоке приема и хранения СУГ возможна в случае аварийного разрушения емкости с СУГ, повреждения трубопроводов подачи СУГ, ТРК СУГ, утечки СУГ через негерметичности во фланцевых соединениях и запорной арматуре.

1.3.2 Технологическая система КПП

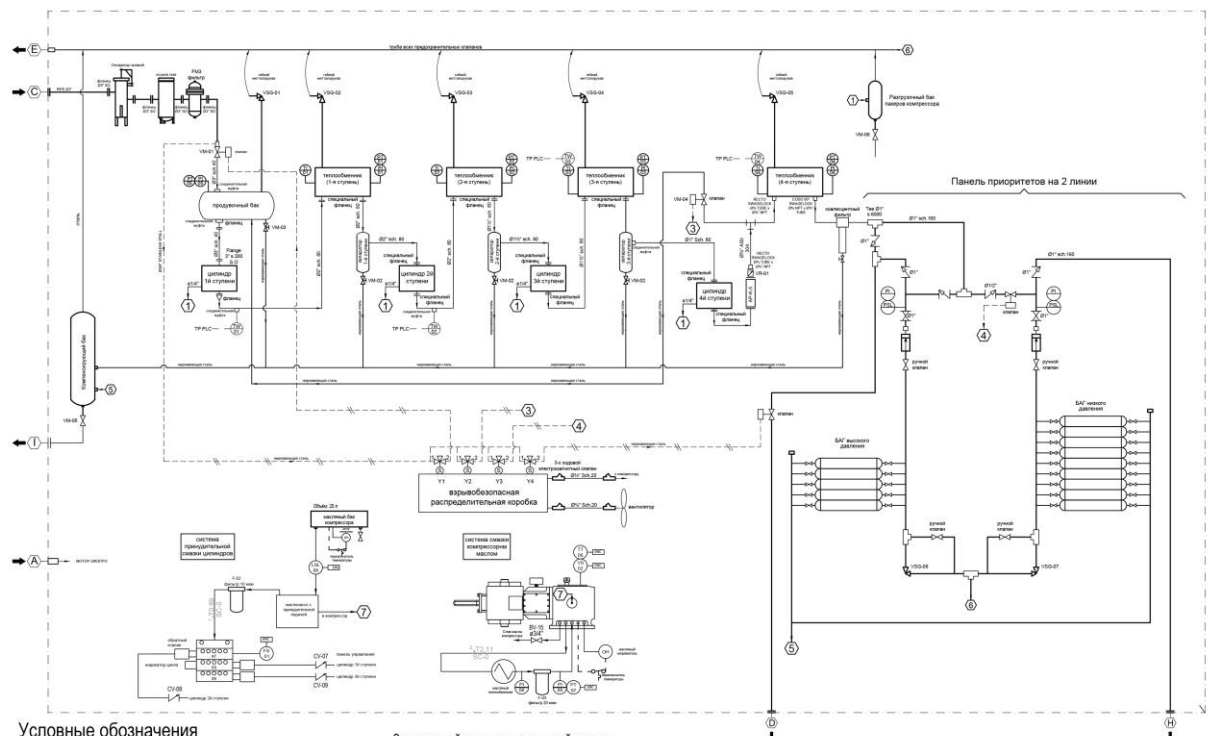
Для заправки транспортных средств компримированным природным газом предусмотрена СГ [25], автогазонаполнительная компрессорная станция модульно-блочного контейнерного исполнения, полной заводской

готовности, имеющее необходимый набор систем и средств защиты и безопасности.

Конструктивно АГНКС состоит из:

- контейнера;
- блока очистки и осушки газа в составе: сепаратор газовый, осушка газа и фильтр тонкой очистки газа;
- компрессорного блока;
- блока аккумуляторов газа;
- панели приоритетов;
- шкафа управления и электропитания АГНКС;
- системами безопасности в составе: система пожарной безопасности и оповещения о пожаре, система контроля доступа, система газоаналитическая.

Принципиальная схема блока АГНКС показана на рисунке 9.



Условные обозначения

- (A) Входное подключение электричества Ø 80 мм
- (C) Входное подключение газа Ø 89 мм
- (D) Выход газа Ø 25 мм на ГРК (линия высокого давления)
- (E) Вентиляционный коллектор
- (H) Выход газа Ø 25 мм на ГРК (линия низкого давления)
- (I) Выход дренажной линии Ø 25 мм в емкость

- 3-х ходовой электромагнитный клапан
- Y1 = впускной клапан
- Y2 = сброс высокого давления
- Y3 = приоритет БАГ низкого давления
- Y4 = приоритет БАГ высокого давления

Рисунок 9 – Принципиальная схема автогазонаполнительной компрессорной станции модульно-блочного контейнерного исполнения

Сырьем для участка КПГ является природный газ. Природный газ на площадку поступает от магистрального газопровода высокого давления (0,6 МПа) через пункт учета газа, в котором производится учет потребляемого газа.

От пункта учета природный газ поступает в автогазонаполнительную компрессорную станцию модульно-блочного контейнерного исполнения. Далее газ под давлением 25 Мпа подается на ТРК. На рисунке 10 показан вариант размещения ТРК для заправки автомобилей КПГ на МАЗС в п. Прохоровка.



Рисунок 10 – Метановая газораздаточная колонка

Основную пожарную опасность представляет природный газ, поступающий от магистрального газопровода.

«Газ природный, горючий. Состав, % (об.): метан 93,05, азот 1,97, диоксид углерода 0,75, этан 2,73, пропан 1,04, бутан 0,22, изобутан 0,15, пентан 0,04, изопентан 0,05. Концентрационные пределы распространения пламени 4,5—13,5% (об.); норм, скорость распр. пл. 0,176 м/с.» [1, с. 213].

«Метан: Физико-химические свойства: Бесцветный газ. Молярная масса 16,04; плотность 0,7168 кг/м³ при 0°С; температура кипения 161,58°С; $\lg p = 5,68923 - 380,224/(264,804 + t)$ при температуре от -182 до -162°С; коэффициент диффузии газа в воздухе 0,196 см²/с; теплота образования -74,8 кДж/моль; теплота сгорания. -802 кДж/моль.

Пожароопасные свойства: Горючий газ. Т. самовоспламенения 535°С; концентрационные пределы распространения пламени в воздухе 5,28-14,1% объема, в кислороде 5,1-61% объема, в гемииксоиде азота 4,3-22,9% объема, в оксиде азота 8,6-21,7% объема, в хлоре 5,6-70% объема; максимальное давление взрыва 706 кПа; максимальная скорость нарастания давления 18 МПа/с; нормальная скорость распространения пламени 0,338 м/с; минимальная энергия зажигания 0,28 мДж в воздухе и 0,0027 мДж в кислороде; минимальная. флегматизирующая концентрация разбавителя, % об.: № 37, H₂O 29, CO₂ 24.» [1, ч. 2, с. 73]

Пожароопасная ситуация в блоке КПП возможна в случае аварийного разрушения емкостей (аккумуляторов) КПП, повреждения компрессора и трубопроводов подачи КПП, ТРК КПП, утечки КПП через негерметичности во фланцевых соединениях и запорной арматуре. Согласно [9] аварийное разрушения зданий и оборудования проектируемой МАЭС возможно в результате внешнего механического воздействия в следующих чрезвычайных ситуациях:

1) транспортные аварии с участием автомобильного транспорта, падение летательных аппаратов и объектов космической деятельности человека;

2) пожар (взрыв) в зданиях, на коммуникациях и технологическом оборудовании проектируемой МАЭС [27];

3) внезапное обрушение зданий и технологических установок проектируемого объекта;

4) геофизические опасные явления (землетрясения) в районе проектируемого объекта;

5) геологические опасные явления в районе проектируемого объекта (обвалы, осыпи, эрозия, склоновый смыв и др.);

б) метеорологические и агрометеорологические опасные явления в районе проектируемого объекта: бури (9-11 баллов), ураганы (12-15 баллов), смерчи, торнадо, шквалы, вертикальные вихри;

7) падение метеоритов на здания и технологические установки проектируемого объекта;

8) чрезвычайные ситуации в районе проектируемого объекта, связанные с изменением состояния суши (катастрофические просадки, оползни, обвалы земной поверхности из-за выработки недр при добыче полезных ископаемых и другой деятельности человека);

9) террористический акт на проектируемом объекте;

10) ведение в районе проектируемого объекта военных действий.

Источником зажигания мощностью энергетического воздействия, достаточной для инициирования возникновения в имеющейся на объекте горючей среде горения могут служить:

1) короткое замыкание электрооборудования;

2) нарушение требований пожарной безопасности, противопожарного режима на проектируемом объекте (неосторожное обращение с огнем, нарушение требований пожарной безопасности при проведении огневых работ);

3) статическое электричество;

4) энергетическое воздействие разряда молнии;

5) противоправные действия (умышленный поджог).

В случае возникновения пожара на проектируемом объекте, вероятно появление:

- опасных факторов пожара, таких как пламя, тепловой поток, искры;
- повышенная температура, повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения, пониженная концентрация кислорода;

- сопутствующих проявлений опасных факторов пожара, таких как осколки и части разрушившихся зданий, сооружений, транспортных средств, технологического оборудования и т.д., токсичные вещества и материалы, вынос высокого напряжения [21].

В составе мероприятий по предупреждению аварий и ЧС, приводящих параметры технологического процесса до уровня, который обеспечивает допустимый пожарный риск на МАЗС, предусмотрено:

- соблюдение технологической дисциплины при ведении производственного процесса, обучение персонала;

- выполнение общих требований промышленной и пожарной безопасности к технологическому оборудованию МАЗС;

- применение автоматических установок пожарной защиты резервуаров первичных средств пожаротушения [24].

В разделе дана краткая характеристика технологического процесса блока приема и хранения СУГ и технологической системы КПП, в том числе характеристика элементов технологического оборудования и обращающихся в них взрывоопасных веществ и их пожарную опасность, определен перечень возможных чрезвычайных ситуаций (аварий, пожаров) возможных на территории МАЗС.

Необходимость выполнения расчетов пожарных рисков, определяется в ходе проектирования [21, 26]. На основании этого составляются варианты технологического плана МАЗС по размещению зданий и установок с наименьшими показателями пожарного риска. Составляется перечень вынужденных отступлений от требований пожарной безопасности добровольного применения и дополнительных мероприятий (комплекс

превентивных мер) для достижения нормативных показателей пожарного риска.

Вывод по первому разделу

В ходе проведения анализа нормативных требований по пожарной безопасности к многотопливным АЗС выявлены 6 научных публикаций, одно изменение в законодательных документах [26], 5 изменений в нормативных документах за последние три года, касающихся объекта и предмета исследований магистерской диссертации.

В результате изучения и обобщения справочной информации определены основные причины пожаров и взрывов на МАЗС, такие как:

- нарушение технологического режима и правил техники безопасности, в том числе в части касающейся находящихся на МАЗС автомобилей;
- нарушения правил электробезопасности как на территории, так и в зданиях и сооружениях;
- нарушение техники безопасности при проведении ремонтных работ.

При проведении анализа пожарной опасности технологического процесса блока хранения СУГ и технологической системы КПП на примере многотопливной АЗС (ЖМТ, СУГ, метан) в п. Прохоровка Белгородской области, дана краткая характеристика технологического процесса блока приема и хранения СУГ и технологической системы КПП, в том числе характеристика элементов технологического оборудования и обращающихся в них взрывоопасных веществ и их пожарную опасность.

2 Системы обеспечения пожарной безопасности многотопливной АЗС

на примере многотопливной АЗС (ЖМТ, СУГ, метан) в п. Прохоровка Белгородской области, ул. Первомайская, д. 80а

Перечень и требования к эффективности элементов систем пожарной безопасности для проектируемой многотопливной автозаправочной станции устанавливаются нормативными и нормативно-техническими документами [21, 26].

Основными технологическими операциями, проводимыми на МАЗС, являются сливноналивные операции, связанные с приемом и отпуском СУГ потребителям, аналогичны как и на газонаполнительным станциям [18].

«Система противопожарной защиты - комплекс организационных мероприятий и технических средств, направленных на защиту людей и имущества от воздействия опасных факторов пожара и (или) ограничение последствий воздействия опасных факторов пожара на объект защиты (продукцию)» [26].

Системы пожарной безопасности выполняют задачи:

- исключить возникновение пожара;
- обеспечить пожарную безопасность людей и материальных ценностей.

Системы пожарной безопасности направлены на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара (ОФП), в том числе их вторичных проявлений на требуемом уровне — не менее 0,999999 предотвращения ОФП в год в расчете на каждого человека.

Опасными факторами, воздействующими на людей и материальные ценности, являются согласно статьи 9 [26]:

- пламя и искры;
- повышенная температура окружающей среды;
- токсичные продукты горения и термического разложения;

- дым;
- пониженная концентрация кислорода.

Вторичными проявлениями ОФП могут быть:

- осколки, части разрушившихся конструкций;
- электрический ток, возникший в результате выноса высокого напряжения на токопроводящие части конструкций.

Предотвращение пожара достигается исключением образования горючей среды и предотвращением образования в горючей среде (или внесения в нее) источников зажигания [26].

Исключение образования горючей среды обеспечивается:

- максимально возможным применением негорючих и трудногорючих веществ и материалов;
- максимально возможным по условиям технологии и строительства ограничением массы и объема горючих веществ, материалов и наиболее безопасным способом их размещения.

Предотвращение образования в горючей среде источников зажигания достигается [26]:

- применением электрооборудования, соответствующего требованиям Правил устройства электроустановок;
- устройством молниезащиты;
- ликвидацией условий для теплового, химического и (или) микробиологического самовозгорания обращающихся веществ, материалов, изделий и конструкций;
- выполнением действующих строительных норм, правил и стандартов.

Ограничение массы и объема горючих веществ и материалов, а также наиболее безопасный способ их размещения достигается:

- периодической очисткой территории, на которой располагается объект, и его помещений от горючего мусора;

- хранением пожароопасных материалов в местах и объемах, предусмотренных технологическими инструкциями, правилами пожарной безопасности;

- удалением пожароопасных отходов.

Противопожарная защита МАЗС достигается:

- применением средств пожаротушения – пожарной техники ГПС п. Прохоровка, г. Строитель, п.г.т. Яковлево (согласно плана привлечения сил и средств), наружного пожаротушения, первичных средств пожаротушения;

- применением установок пожарной сигнализации;

- применением основных строительных конструкций и материалов с нормированными показателями пожарной опасности;

- организацией, с помощью технических средств, своевременного оповещения и эвакуации людей при пожаре;

- применением средств индивидуальной защиты людей, в том числе пожарных, принимающих участие в тушении пожара, от опасных факторов пожара;

- молниезащиты.

Ограничение распространения пожара за пределы очага достигается:

- устройством противопожарных преград, а также соблюдение противопожарных разрывов между сооружениями и зданиями топливозаправочного комплекса и соседними объектами [28];

- применением электрооборудования с необходимой степенью защиты в соответствии с условиями окружающей среды;

- применением сертифицированного оборудования и изделий;

Для тушения на ранней стадии пожара предусматривается применение первичных средств пожаротушения (огнетушители передвижные повышенной массы ОТВ ОП-50, ОП-100, оборудование пожарных щитов).

2.1 Обоснование противопожарных расстояний между зданиями, сооружениями и наружными установками, обеспечивающих пожарную безопасность многотопливной АЗС

Противопожарные расстояния от рассматриваемого МАЗС до граничащих с ними объектов устанавливаются в соответствии с требованиями раздела 8 [21].

Соответствие минимальных противопожарных расстояний рассматриваемого МАЗС, выполненного как самостоятельный участок многотопливной АЗС и АГНКС, до объектов, к ним не относящихся, требованиям нормативных документов, отражено в таблицах 3 и 4.

Как видно из таблицы 3 противопожарные расстояния от проектируемого оборудования для СУГ до объектов за пределами участка, в целом соответствуют требованиям нормативных документов, за исключением здания общественного питания (кафе), в котором возможно присутствие посетителей, по отношению к оборудованию СУГ.

Таблица 3 - Противопожарные расстояния от зданий, сооружений и оборудования технологических систем АЗС, с наличием СУГ, до объектов, к ним не относящихся

Наименования объектов, до которых определяются противопожарные расстояния	Противопожарные расстояния от зданий, сооружений и оборудования технологических систем АЗС, м. с наличием СУГ		Соответствие
	Требуемое по Требуемое по [21]	Принято по проекту, м	
Производственные, складские и административно-бытовые здания и сооружения промышленных организаций	40	350	Соответствует
Лесные массивы: хвойных и смешанных пород лиственных пород	50 25	Отсутствуют	

Продолжение таблицы 3

Наименования объектов, до которых определяются противопожарные расстояния	Противопожарные расстояния от зданий, сооружений и оборудования технологических систем АЗС, м. с наличием СУГ		Соответствие
	Требуемое по Требуемое по [21]	Принято по проекту, м	
Жилые и общественные здания	60	50	Не соответствует
Места массового пребывания людей	60	Отсутствуют	
Индивидуальные гаражи и открытые стоянки для автомобилей	40	Отсутствуют	
Автомобильные дороги общей сети (край проезжей части): I, II и III категорий IV и V категорий	25 20	25	Соответствует
Маршруты электрифицированного городского транспорта (до контактной сети)	25	Отсутствуют	
Железные дороги общей сети (до подошвы насыпи или бровки выемки)	40	Отсутствуют	
Очистные канализационные сооружения и насосные станции, не относящиеся к автозаправочным станциям	60	Отсутствуют	
Технологические установки категорий АН, БН, ГН, здания и сооружения с наличием радиоактивных и вредных веществ I и II классов опасности	100	Отсутствуют	
Склады лесных материалов, горючих веществ, сена, соломы, а также участки открытого залегания торфа	50	Отсутствуют	
Линии электропередач, электроподстанции	по ПУЭ		Соответствует

Размещение объектов на прилегающей территории по отношению к технологическому оборудованию МАЗС показаны на рисунке 11.

Как видно из таблицы 4 противопожарные расстояния от проектируемого оборудования для КПП до объектов за пределами участка, соответствуют требованиям нормативных документов.

Таблица 4 - Противопожарные расстояния от зданий, сооружений и оборудования технологических систем АЗС, с наличием КПП, до объектов, к ним не относящихся

Наименования объектов, до которых определяются противопожарные расстояния	Противопожарные расстояния от зданий, сооружений и оборудования технологических систем АЗС, м. с наличием КПП		Соответствие
	Требуемое по [21]	Принято по проекту, м	
Производственные, складские и административно-бытовые здания и сооружения промышленных организаций	25	350	Соответствует
Лесные массивы: хвойных и смешанных пород лиственных пород	30 15	Отсутствуют Отсутствуют	
Жилые и общественные здания	35	100	Соответствует
Места массового пребывания людей	35	Отсутствуют	
Индивидуальные гаражи и открытые стоянки для автомобилей	30	Отсутствуют	
Автомобильные дороги общей сети (край проезжей части): I, II и III категорий IV и V категорий	15 12	50	Соответствует
Маршруты электрифицированного городского транспорта (до контактной сети)	25	Отсутствуют	
Железные дороги общей сети (до подошвы насыпи или бровки выемки)	30	Отсутствуют	
Очистные канализационные сооружения и насосные станции, не относящиеся к автозаправочным станциям	15	Отсутствуют	
Технологические установки категорий АН, БН, ГН, здания и сооружения с наличием радиоактивных и вредных веществ I и II классов опасности	100	Отсутствуют	
Склады лесных материалов, горючих веществ, сена, соломы, а также участки открытого залегания торфа	30	Отсутствуют	
Линии электропередач, электроподстанции	по ПУЭ		Соответствует

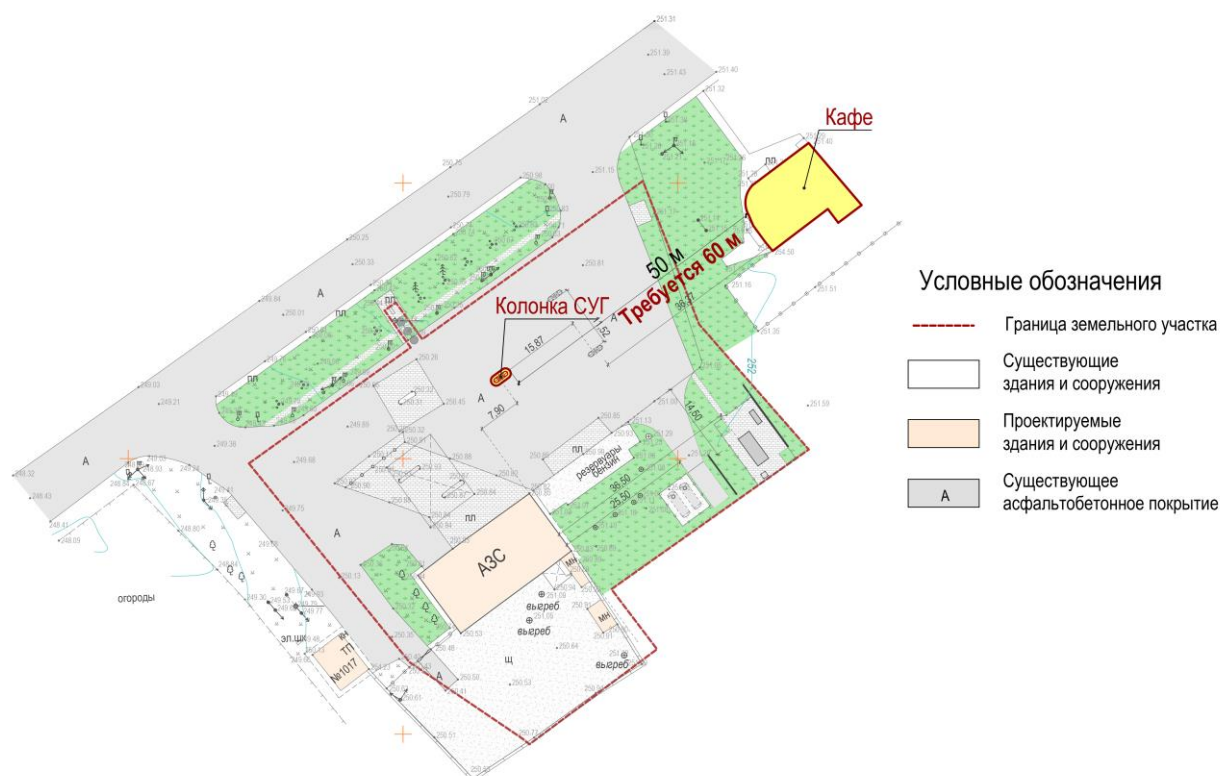


Рисунок 11 – Схема размещения кафе по отношению к колонке СУГ

Минимальные расстояния между зданиями и сооружениями на территории МАЗС, в ходе реконструкции, при установке оборудования СУГ и КПП соответствуют требованиям табл. 6. [21], за исключением:

- 1) Расстояние от раздаточной колонки СУГ до здания операторной – 21 м, при требуемых табл. 6. [21] - 35 м;
- 2) Расстояние от подземных резервуаров СУГ до здания операторной – 20, 1 м, при требуемых табл. 6. [21] - 35 м;
- 3) Расстояние от площадки для АЦ СУГ до наружных технологических установок с КПП 7,5 м. при требуемых табл. 6. [21] - 15 м.

Учитывая, что реконструируемая АЗС ограничена площадью существующего участка и выполнить требуемые противопожарные расстояния от оборудования СУГ до операторной не предоставляется возможным, целесообразно проверить обеспечение безопасности персонала и посетителей МАЗС путем выполнения расчетов пожарных рисков и по их

результатам определить наиболее эффективные и экономически обоснованные противопожарные мероприятия.

Для обеспечения безопасной эксплуатации технологической установки КПП, проектом предусмотрена установка защитных экранов, отвечающих требованиям [21], в результате расстояния сокращены на 50 %. План размещения технологического оборудования показан на рисунке 12

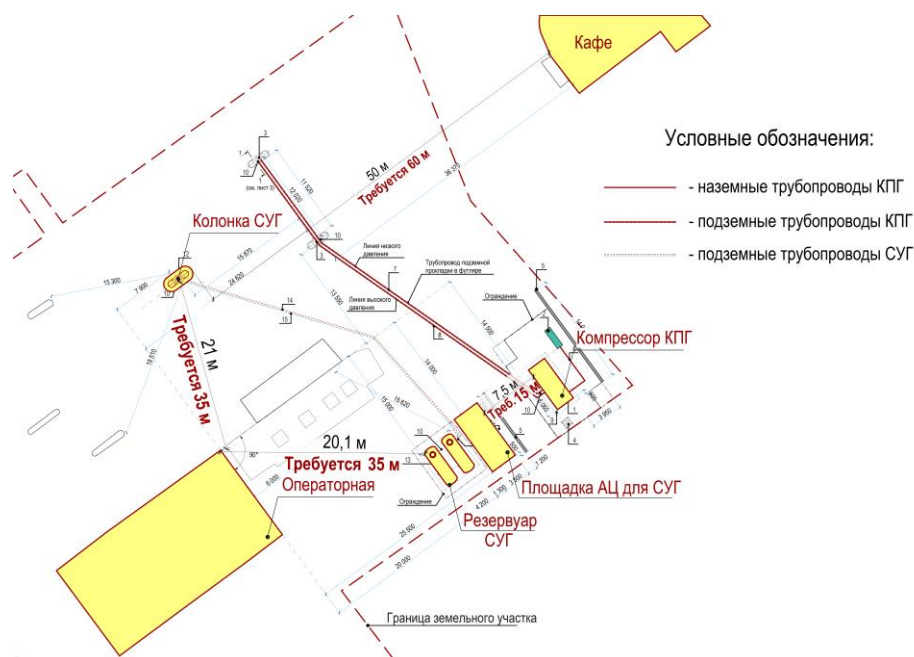


Рисунок 12 - План размещения технологического оборудования СУУ и КПП на МАЗС в п. Прохоровка Белгородской области

Примененные на МАЗС для сокращения противопожарных расстояний защитные экраны, обеспечивают ограничение разлета осколков и теплового воздействия на рядом расположенные объекты.

2.2 Обоснование принятых конструктивных и объемно-планировочных решений, степени огнестойкости и класса конструктивной пожарной опасности строительных конструкций многотопливной АЗС

Предел огнестойкости строительных конструкций существующих зданий и сооружений в данном разделе не рассматривается.

Данным проектом конструктивные решения строительства разрабатывались для следующих объектов: фундаменты для оборудования СУГ и КПП, а также защитные экраны.

Конструкции фундаментов заправочных островков СУГ, фундаментные плиты под оборудование приняты монолитные из бетона класса В 20, F150, W4, армированные сварными сетками и отдельными стержнями из арматуры А 500С с шагом 200 мм, по бетонной подготовке из бетона класса В7,5. Пределы огнестойкости для данных конструкций не нормируются.

Конструкции фундаментов заправочных островков КПП, фундаментные плиты под оборудование приняты монолитные из бетона класса В 20, F150, W4, армированные сварными сетками и отдельными стержнями из арматуры А 500С с шагом 200 мм, по бетонной подготовке из бетона класса В7,5. Пределы огнестойкости для данных конструкций не нормируются.

На рассматриваемой МАЗС применен соответствующий примеру, приведенному в п. 8.16 [21], защитный экран.

Габариты экрана (ширина 14,400 м и высота 3,300 м) превышают габариты оборудования, для которого этот экран предусматривается, не менее чем на 0,5 м во все стороны, что обеспечивает защиту оборудования.

На рисунке 13 показана принципиальная схема устройства защитных экранов

Схема расположения выпусков из фундамента защитного экрана

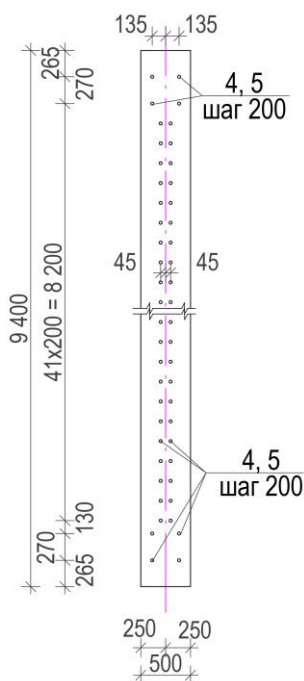


Схема армирования защитного экрана

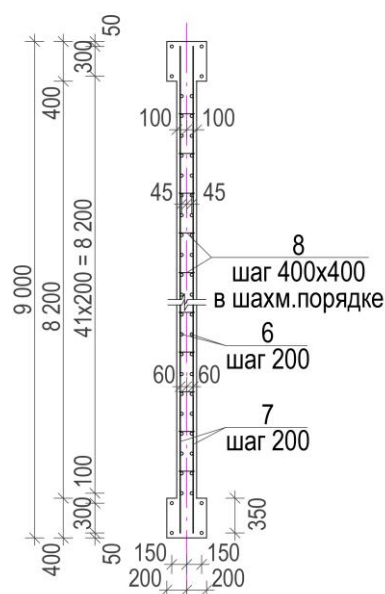


Рисунок 13 – Принципиальная схема устройства защитных экранов на МАЗС в п. Прохоровка

Согласно требованиям п. 6.6 [21], поверхность контейнера покрыта негорючим огнезащитным базальтовым материалом ОБМ ВЕНТ 5-1Ф. При этом обеспечивается целостность защиты и ее теплоизолирующая способность при воздействии на нее воды во время тушения пожара, а также в течение 60 минут огневого воздействия на нее возможного пожара.

Средние и расчетные значения плотностей переменных пожарных нагрузок определялись на основе данных полученных в ходе исследований по [33].

2.3 Обоснование проектных решений по обеспечению безопасности людей при возникновении пожара на многотопливной АЗС

Здание, наружные установки и территория проектируемого объекта капитального строительства МАЗС имеют такие объемно-планировочные решения и техническое исполнение, что эвакуация людей из его зданий и территории завершается до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара. Основные нормативные документы по обеспечению эвакуации при пожаре [26] и СП 1.13130.2009.

Для обеспечения безопасной эвакуации людей предусматривается:

- необходимое количество, размеры и соответствующее конструктивное исполнение эвакуационных путей из здания операторной и территории;
- возможность беспрепятственного движения людей по эвакуационным путям;
- управление движением людей по эвакуационным путям (СОУЭ 1-го типа) по табл. 2 СП.3.13130.2009.

С учетом результатов расчета пожарных рисков, сделан вывод о том, что эвакуация людей из здания операторной и с открытой площадки МАЗС после установки оборудования СУГ и КПП обеспечивается до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара. Схема эвакуации показана на рисунке 14.

В ходе выполнения расчетов учтены факторы, в том числе: конструкции здания, пути эвакуации, человеческий фактор, дымоудаление, обнаружение возгорания, пожарная сигнализация и пожаротушение, а также их вклад в достижение целей пожарной безопасности [32].

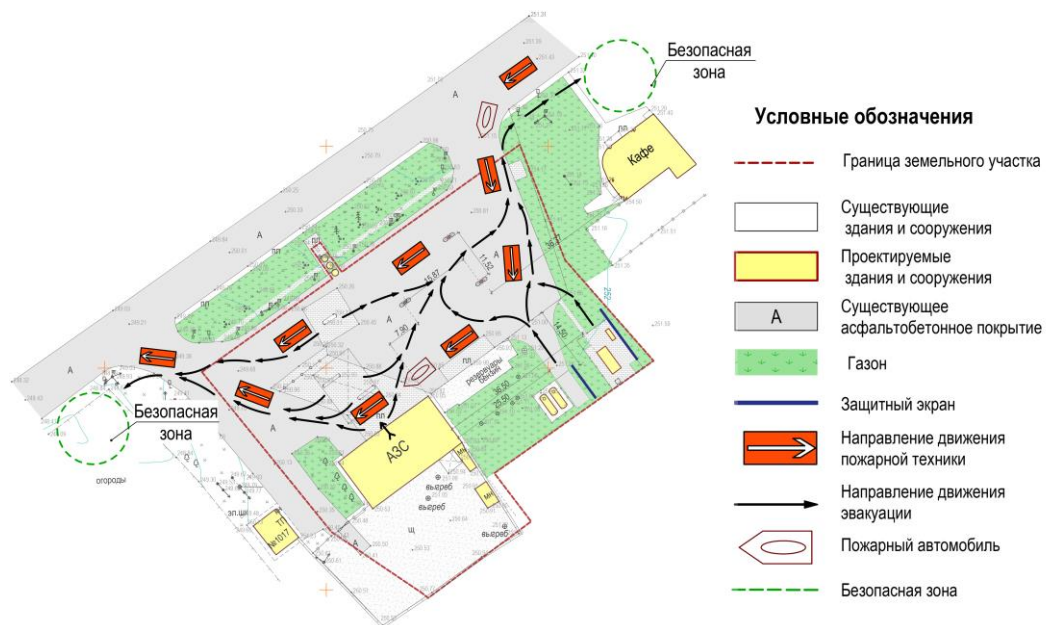


Рисунок 14 – Схема эвакуации людей с территории МАЗС в п. Прохоровка Белгородской области в безопасную зону в случае аварийной ситуации

При возникновении аварийной ситуации на МАЗС оповещение осуществляется через систему СОУЭ в здании операторной и через громкоговоритель на территории. Управление эвакуацией посетителей осуществляет старший оператор, люди выводятся в безопасные зоны, которые расположены за границей участка АЗС. Персонал, согласно должностных инструкций, осуществляет действия по предотвращению аварийных ситуаций.

2.4 Категории зданий, сооружений, помещений, оборудования и наружных установок по признаку взрывопожарной и пожарной опасности

Данным подразделом не рассматриваются категории взрывопожарной и пожарной опасности существующих зданий и наружных установок АЗС.

Согласно таблице 2 СП 12.13130.2009 установка относится к категории АН, если в ней присутствуют (хранятся, перерабатываются, транспортируются) горючие газы, легковоспламеняющиеся жидкости с температурой вспышки не более 28°С, вещества и (или) материалы, способные гореть при взаимодействии с водой, кислородом воздуха и (или) друг с другом (при условии, что величина пожарного риска при возможном сгорании указанных веществ с образованием волн давления превышает одну миллионную в год на расстоянии 30 м. от наружной установки).

Для технологического оборудования участка СУГ, без выполнения расчета, установлены следующие категории по признаку взрывопожарной и пожарной опасности:

- резервуар СУГ, где хранятся и транспортируются сжиженные углеводородные газы, отнесен к АН;
- площадка для АЦ СУГ, где транспортируются сжиженные углеводородные газы, отнесена к АН;
- топливораздаточная колонка СУГ, где транспортируются сжиженные углеводородные газы, отнесена к АН;

Для технологического оборудования участка КПП, без выполнения расчета, установлены следующие категории по признаку взрывопожарной и пожарной опасности:

- пункт учета газа отнесен к АН;
- контейнер АГНКС отнесен к АН;
- топливораздаточная колонка КПП отнесена к АН.

2.5 Обеспечение противопожарной защиты на многотопливной АЗС

2.5.1 Обеспечение противопожарной защиты технологической системы КПП

Контейнер предназначен для размещения технологического оборудования установки, а также для защиты от атмосферных осадков и обеспечения необходимых условий для работы оборудования. Принципиальная схема контейнера АГНКС показана на рисунке 15.

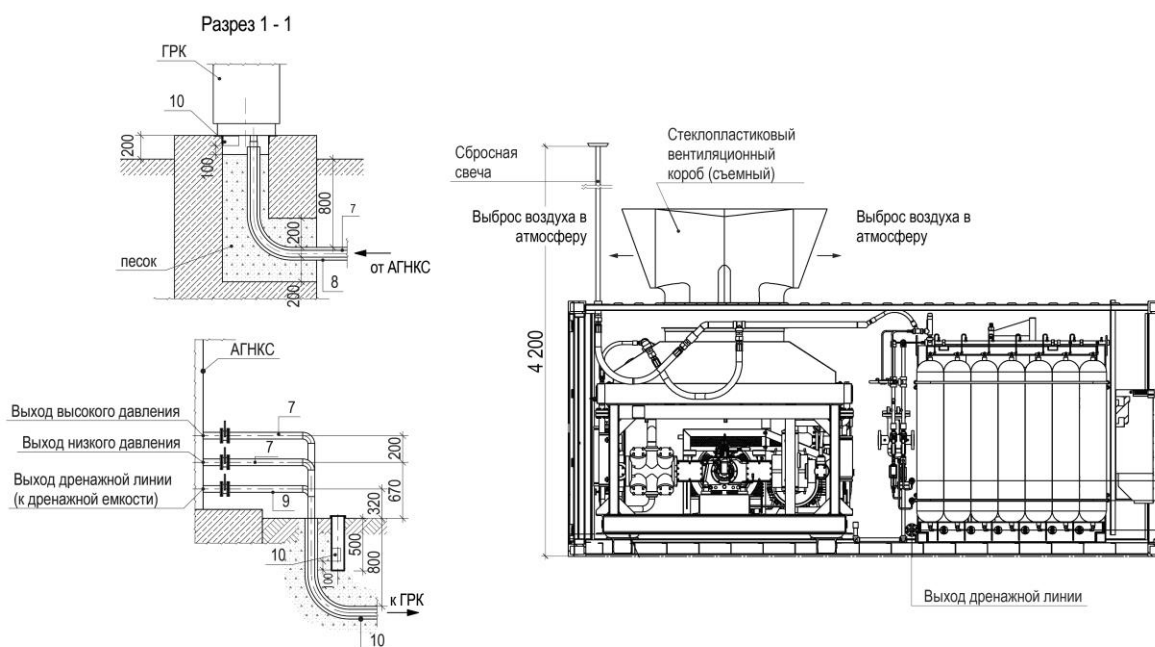


Рисунок 15 - Принципиальная схема контейнера АГНКС

Контейнер АГНКС оборудован системой охранно-пожарной сигнализации и пожаротушением, которая обеспечивает бесперебойное автоматическое решение задач по охране от возможных несанкционированных проникновений, возникновения очагов пожара, пожаротушения и передачи данных на ПЦН. Пожарная сигнализация предназначена для своевременного обнаружения в помещениях очага

возгорания, а также для подачи тревожных сигналов системам оповещения о пожаре и системе автоматического пожаротушения. Также в контейнере предусмотрена система контроля загазованности. Система предназначена для непрерывного автоматического контроля и определения объемной доли горючих газов, меньшей НКПР, в условиях, когда возможно увеличение содержания горючих газов до взрывоопасного уровня.

Газоанализаторы, сигнализаторы и системы используются как средство снижения риска для жизни или собственности, возникающего вследствие скопления горючей газовой смеси, путем обнаружения горючего газа и выдачи соответствующего звукового или светового предупреждающего сигнала.

Шкаф управления АГНКС размещается в отдельной секции контейнера.

Питание силовых цепей - трехфазная цепь напряжением 380 В, частотой 50 Гц переменного тока.

Питание цепей управления - однофазная цепь напряжением 220 В, частотой 50 Гц переменного тока и напряжением 12 В и 24 В постоянного тока.

Панель управления предназначена для: управления, диагностики и автоматизации технологического процесса сжатия природного газа. На дисплее панели управления отображаются основные показатели происходящих процессов: какое электрооборудование задействовано в данный момент, температура газа на входе в каждую ступень компрессора, температура газа после каждого теплообменника, температура масла системы смазки, температура охлаждающей жидкости, давление газа на входе-выходе ступеней, давление масла в системе смазки, давление хладагента в системе охлаждения, влажность газа до процесса осушки и после. На основании снимаемых показателей происходят пуски, остановки, как отдельного оборудования, так и всей модульной АГНКС.

TP PLS отображает всю информацию на дисплее, который показывает, что происходит в КБ в любой момент и указывает на последовательность пуска, нормальной остановки и на различных сбоях при аварийной остановки.

Компрессорная панель имеет пусковой ключ, аварийный выключатель и звуковой сигнал тревоги.

TP PLS дает сигналы напряжения (220 В) чтобы питать инвертер главного двигателя и электромагнитные клапаны, работающие в различных командных приводах компрессора. Также есть внутренние сигналы безопасности, выходящие из панель, которые связаны с компрессорной панелью для аварийной остановки и командных сигналов.

Электрический двигатель включается при помощи инвертера, который установлен на той же самой панели.

В случае, если некоторые из контролируемых параметров моментально будут вне нормальном операционном состоянии, датчики пошлют сигнал к TP PLS для аварийной остановки компрессора.

2.5.2 Обеспечение противопожарной защиты блока хранения СУГ и трубопроводов

Разработано техническое решение для технологической системы СУГ МАЗС, направленное на улучшение техносферной безопасности МАЗС.

Для заправки транспортных средств сжиженным углеводородным газом предусмотрен модуль с двумя одностенными резервуарами, выполненный как единое заводское изделие, имеющее необходимый набор систем и средств защиты и безопасности. Принципиальная схема технологической системы СУГ показана на рисунке 8.

В соответствии с п. 8.32 [21] технологическая система должна обеспечивать возможность безопасного перекрытия утечки СУГ и его паров из резервуаров для хранения СУГ, предотвращающего выход за территорию

АЗС газопаровоздушных смесей с концентрацией указанных паров более 20% от НКПР с частотой выше одной миллионной в год.

В модуле резервуары и участки технологических трубопроводов СУГ и его паров оснащаются быстродействующими самосрабатывающими или автоматическими устройствами (скоростные, обратные, электромагнитные и т.п. устройства) со временем срабатывания не более 0,5-1 секунды и вероятностью отказа систем автоматического аварийного отключения не выше $1 \cdot 10^{-6}$ в год или резервированием (дублированием) в обязательном порядке тех автоматических систем аварийного отключения трубопроводов, вероятность отказа которых превышает $1 \cdot 10^{-6}$ в год.

Для обеспечения частоты разгерметизации стенок подземных резервуаров хранения СУГ и трубопроводов СУГ вследствие воздействия на них электрохимической коррозии не более $1 \cdot 10^{-6}$ в год в проекте предусматривается система катодной защиты. Схема протекторной защиты подземных трубопроводов и резервуаров СУГ показана на рисунке 16.

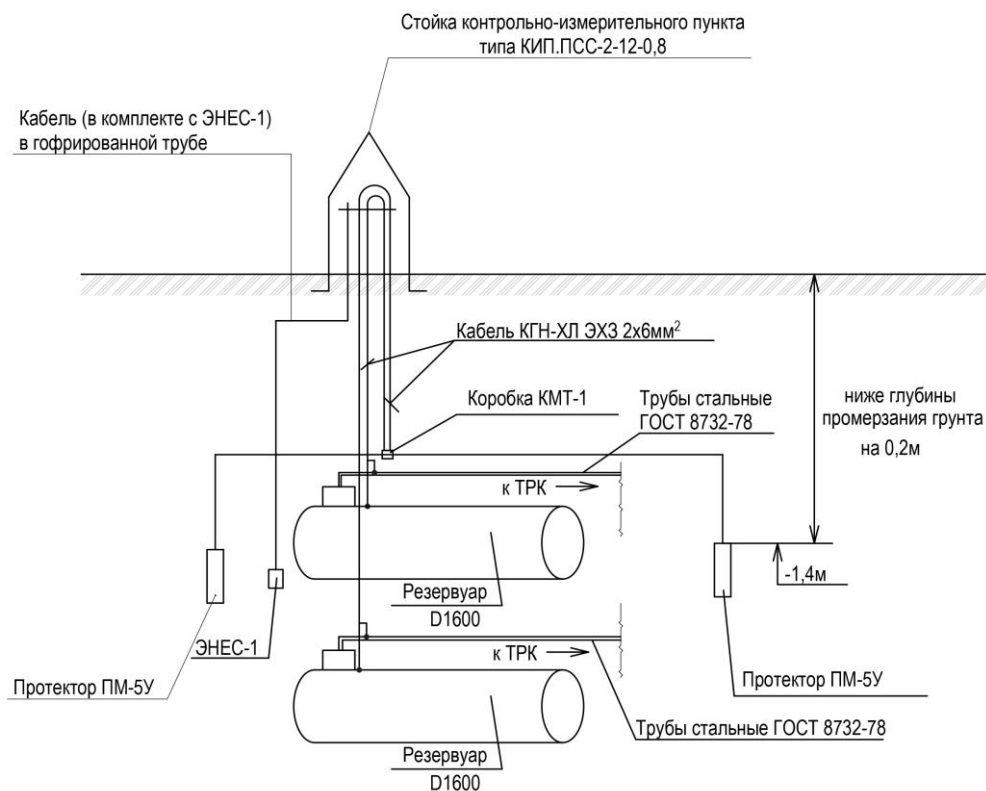


Рисунок 16 - Схема протекторной защиты подземных трубопроводов и резервуаров СУГ

Расчет протекторной защиты от коррозии подземных газопровода и резервуаров СУГ выполняется на стадии разработки проекта [12].

Исходные данные для расчета:

- подземные резервуары (емкость) с СУГ - 10 м^3 - 2 шт., $D=1600\text{мм}$;
 $L=5400\text{мм}$;

- трубопроводы СУГ - 2 шт. по ГОСТ 8732-78, $D = 40 \text{ мм}$ длиной 50 м,
 $D=32 \text{ мм}$ длиной 50 м [10, 11];

Сопротивление изоляции на 15-тый год эксплуатации:

$$R_{\text{из}}(15) = 15 \cdot R_{\text{из}} \cdot e^{-0,11} \quad (1)$$

где - $R_{\text{из}}$ - изоляции - $5 \cdot 10^4 \text{ Ом}\cdot\text{м}^2$ (все покрытия нормального типа);

Сопротивление одного протектора:

$$R_{\text{пр}} = A \cdot p \cdot r + B \quad (2)$$

где - A ; B - коэффициенты, зависящие от размеров протектора на глубине до 2,5м;

- p - среднее удельное сопротивление грунта - $35 \text{ Ом}\cdot\text{м}$;

Длина защитной зоны одного протектора:

$$L_{\text{зп}} = (U_{\text{п}} - 1,15 \cdot U_e) \cdot R_{\text{из}} / (3,6 \cdot D \cdot R_{\text{пр}} \cdot (U_{\text{м}} - U_e)) \quad (3)$$

где - $U_{\text{п}}$ - стационарный потенциал протектора - $-1,6\text{В}$;

U_e - естественный потенциал трубы - $-0,55\text{В}$;

$U_{\text{м}}$ - минимальный защитный потенциал - $-0,9\text{В}$;

Сила тока в цепи " протектор - труба":

$$I_{\text{п}} = \pi \cdot D \cdot L_{\text{зп}} \cdot (U_{\text{п}} - U_e) / (\pi \cdot R_{\text{пр}} \cdot D \cdot L_{\text{зп}} + R_{\text{из}}) \quad (4)$$

Прогнозируемый срок службы протектора: $m = 5 \text{ кг}$ масса одного протектора типа ПМ5У

$$T_{\text{п}} = m \cdot g \cdot h_{\text{п}} \cdot h_{\text{и}} / (I_{\text{пср}} \cdot 8760) \quad (5)$$

где - g - теоретическая токоотдача материала протектора - $2330\text{А}\cdot\text{ч}/\text{кг}$;

$h_{\text{п}}$ - коэффициент полезного действия протектора - $0,6$;

Расчетные величины протекторной защиты от коррозии подземного газопровода и резервуара СУГ.

$$R_{\text{из}}(15) = 9602,5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

$$R_{пр} = 20,19 \text{ Ом}$$

$$L_{зп} = 282,2 \text{ м}$$

$$I_{п} = 0,037 \text{ А}$$

$$T_{п} = 52,0 \text{ лет}$$

Для защиты подземных резервуаров и трубопроводов используются два протектора ПМ-5У, которые показаны на рисунке 17).

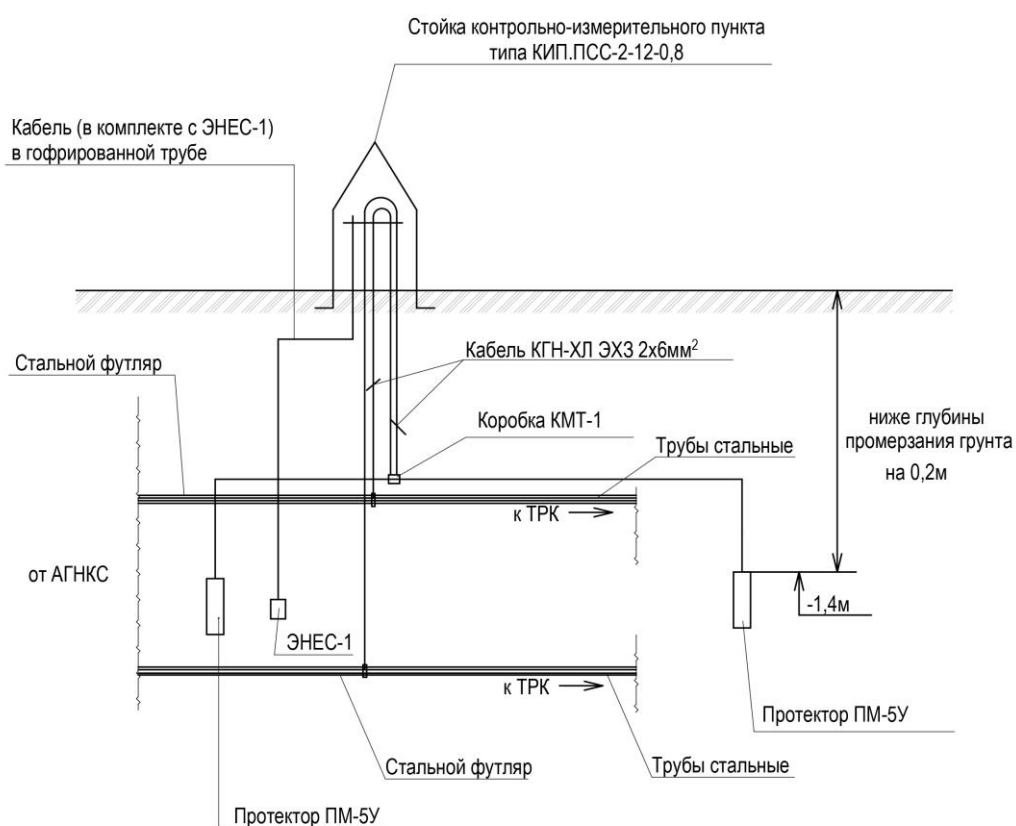


Рисунок 17 – Принципиальная схема протекторной защиты трубопроводов КПП

2.5.3 Обеспечение электробезопасности и молниезащиты МАЭС

Для защиты людей от поражения электрическим током выполняется защитное заземление (зануление) всех нетоковедущих частей электрооборудования, которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции. В качестве проводника заземления используется защитный провод сети. В проекте принята система заземления TN/S, т.е. нулевой рабочий провод и нулевой защитный проводник работают раздельно от вводного щита.

Проектом предусматривается повторное заземление нулевого провода (заземляющее устройство с допустимым сопротивлением не более 10 Ом), а также наружный контур заземления МАЭС, выполненный стальной полосой 40x4мм, прокладываемый на глубине 0.5м от уровня земли. Заземляющий контур служит одновременно для заземления ТРК, стоек навеса, резервуаров, а также для защиты от статического электричества и защиты от электрической индукции.

Молниезащита МАЭС выполняется в соответствии с требованиями СО 153-34.21.122-2003. "Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций".

Вертикальные токоотводы от молниеприёмников к наружным контурам заземления выполняются стальной полосой 40x4 мм. Заземлители забиваются в грунт на глубину не менее 0,5 м от планировочной отметки и на расстоянии не менее 1 м от стены, на той же отметке прокладываются заземляющие проводники. Все соединения конструкции контура заземления производятся ручной дуговой сваркой штучным электродом по ГОСТ 5264-80.

Металлическое и электропроводное неметаллическое оборудование на всём протяжении представляет собой непрерывную электрическую цепь.

2.6 Оценка пожарного риска на многотопливных АЗС на примере многотопливной АЗС (ЖМТ, СУГ, метан) в п. Прохоровка Белгородской области

Разработано техническое решение, в части противопожарных расстояний на МАЗС, направленного на улучшение техносферной безопасности МАЗС.

Рассматриваемый объект защиты расположен рядом с автодорогой Яковлево – Скородное, на участке объезда центральной части п. Прохоровка Белгородской области на землях поселкового поселения.

С северо - западной стороны от проектируемого объекта на расстоянии 25 метров - автодорога Яковлево – Скородное, далее – массив ИЖС, расстояние – 150 м.

С северо – восточной стороны – здание кафе, расстояние 40 метров (до границы участка).

С юго – восточной, южной, юго – западной сторон - селитебная зона поселка из жилых и общественных зданий с 1 – 4 этажной застройкой, расстояние 150 метров.

Противопожарные расстояния от рассматриваемого МАЗС до граничащих с ними объектов устанавливаются в соответствии с требованиями раздела 8 [21].

Минимальные расстояния между зданиями и сооружениями МАЗС при установке оборудования СУГ и КПП рассмотрены в пункте 2.1

Нам основании вышеизложенного, необходимость выполнения расчетов пожарных рисков, обусловлена проверкой обеспечения безопасности персонала и посетителей МАЗС, посетителей заведения общественного питания на соседнем с МАЗС участке в случае возникновения пожара на МАЗС, при условии сокращения минимальных расстояний от оборудования технологических систем МАЗС с наличием СУГ до объектов, к ним не относящихся, и минимальных расстояний между

зданиями, сооружениями и оборудованием СУГ и КПП МАЗС (отступление от требований добровольного применения п. 8.3, таблица 5 и п.8.4 таблица 6 [21]).

2.6.1 Наименование использованной методики определения расчетных величин пожарного риска

При определении расчетных величин пожарного риска в отчете применена «Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах», утвержденная приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. N 404 (далее «Методика»), с изменениями по приказу МЧС России от 14.12.2010 № 649 и приказом МЧС России №749 от 12.12.2011 [17].

Расчеты по оценке пожарного риска проводились путем сопоставления расчетных величин пожарного риска с соответствующими нормативными значениями пожарных рисков, установленными Федеральным законом от 22 июля 2008г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [26].

«Величина индивидуального пожарного риска на территориях производственных объектов не должна превышать одну миллионную в год...Риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара должен определяться с учетом функционирования систем обеспечения пожарной безопасности зданий и сооружений», статья 93 [26].

«Для производственных объектов, на которых обеспечение величины индивидуального пожарного риска одной миллионной в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной десятитысячной в год. При этом должны быть предусмотрены меры по обучению персонала действиям при пожаре и по социальной защите работников, компенсирующие их работу в условиях повышенного риска» в соответствии с статьей 93 [26].

«Величина индивидуального пожарного риска в результате воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для

людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения вблизи объекта, не должна превышать одну стомиллионную в год» в соответствии с статьей 93 [26].

«Для производственных объектов, на которых для людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения вблизи объекта, обеспечение величины индивидуального пожарного риска одной стомиллионной в год и (или) величины социального пожарного риска одной десятимиллионной в год невозможно в связи со спецификой функционирования технологических процессов, допускается увеличение индивидуального пожарного риска до одной миллионной в год и (или) социального пожарного риска до одной сотысячной в год соответственно. При этом должны быть предусмотрены средства оповещения людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения, о пожаре на производственном объекте, а также дополнительные инженерно-технические и организационные мероприятия по обеспечению их пожарной безопасности и социальной защите» в соответствии с статьей 93 [26].

«Величина социального пожарного риска воздействия опасных факторов пожара на производственном объекте для людей, находящихся в жилой зоне, общественно-деловой зоне или зоне рекреационного назначения вблизи объекта, не должна превышать одну десятимиллионную в год» в соответствии с статьей 93 [26].

Оценка пожарного риска на производственном объекте предусматривается на основе [17]:

- 1) анализа пожарной опасности производственного объекта;
- 2) определения частоты реализации пожароопасных аварийных ситуаций на производственном объекте [22];
- 3) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;

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

5) наличия систем обеспечения пожарной безопасности.

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

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

- риск гибели работника объекта;
- риск гибели людей, находящихся в селитебной зоне вблизи объекта;
- риск гибели людей в результате воздействия опасных факторов пожара на объекте характеризуется числовыми значениями индивидуального и социального пожарных рисков;

Не подлежат рассмотрению ситуации, в результате которых не возникает опасность для жизни и здоровья людей. Эти ситуации не учитываются при расчете пожарного риска.

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

- выход параметров технологических процессов за критические значения, который вызван нарушением технологического регламента;
- разгерметизация технологического оборудования, вызванная механическим, температурным и агрессивным химическим воздействиями;
- механическое повреждение оборудования в результате ошибок работника, падения предметов, некачественного проведения ремонтных и регламентных работ и т. п.

Порядок определения уровня обеспечения пожарной безопасности людей, установлен рядом нормативных и правовых документов [21, 26].

Оценка опасных факторов пожара проводится с помощью методов, приведенных в настоящей Методике [17].

2.6.2 Перечень исходных данных

Данные по частотам реализации инициирующих пожароопасные ситуации событий для резервуаров (резервуары, емкости, сосуды и аппараты под давлением) и трубопроводов принимались в соответствии с таблицей 5.

Таблица 5 – Частоты реализации инициирующих пожароопасные ситуации событий для некоторых типов оборудования объектов

Наименование оборудования	Иницирующее аварийю событие	Диаметр отверстия истечения, мм	Частота разгерметизации, год ⁻¹
Резервуары, емкости, сосуды и аппараты под давлением	Разгерметизация с последующим истечением жидкости, газа или двухфазной среды	5	$4,0 \cdot 10^{-5}$
		12,5	$1,0 \cdot 10^{-5}$
		25	$6,2 \cdot 10^{-6}$
		50	$3,8 \cdot 10^{-6}$
		100	$1,7 \cdot 10^{-6}$
	Полное разрушение		$3,0 \cdot 10^{-7}$
Насосы (центробежные)	Разгерметизация с последующим истечением жидкости или двухфазной среды	5	$4,3 \cdot 10^{-3}$
		12,5	$6,1 \cdot 10^{-4}$
		25	$5,1 \cdot 10^{-4}$
		50	$2,0 \cdot 10^{-4}$
	Диаметр подводящего / отводящего трубопровода		$1,0 \cdot 10^{-4}$
Компрессоры (центробежные)	Разгерметизация с последующим истечением газа	5	$1,1 \cdot 10^{-2}$
		12,5	$1,3 \cdot 10^{-3}$
		25	$3,9 \cdot 10^{-4}$
		50	$1,3 \cdot 10^{-4}$
	Полное разрушение		$1,0 \cdot 10^{-4}$
Резервуары для хранения ЛВЖ и горючих жидкостей (далее – ГЖ) при давлении, близком к атмосферному	Разгерметизация с последующим истечением жидкости в обвалование	25	$8,8 \cdot 10^{-5}$
		100	$1,2 \cdot 10^{-5}$
		Полное разрушение	$5,0 \cdot 10^{-6}$
Резервуары с плавающей крышей	Пожар в кольцевом зазоре по периметру резервуара	-	$4,6 \cdot 10^{-3}$
	Пожар по всей поверхности резервуара	-	$9,3 \cdot 10^{-4}$
Резервуары со стационарной крышей	Пожар на дыхательной арматуре	-	$9,0 \cdot 10^{-5}$
	Пожар по всей поверхности резервуара	-	$9,0 \cdot 10^{-5}$

Под полным разрушением подразумевается утечка с диаметром истечения, соответствующим максимальному диаметру подводящего или

отводящего трубопровода, или разрушения резервуара, емкости, сосуда или аппарата.

2.6.3 Выполнение расчетов по оценке пожарного риска

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

Основное наиболее пожароопасное вещество, обращающееся в технологическом процессе на МАЗС это СУГ (пропан-бутан).

Физико-химические свойства пропан-бутана (СУГ) [14]:

- класс горючего вещества 2;
- плотность жидкой фазы 540,0 кг/м³;
- плотность паровой фазы 2,4 кг/м³;
- молярная масса 51,0 кг/кмоль;
- удельная теплота сгорания 44,0 МДж/кг;
- температура вспышки -82,0 °С;
- давление насыщенного пара 600,0 кПа;
- критическое давление сжиженного газа 4,00 МПа;
- критическая температура сжиженного газа 124,40 °С;
- удельная теплота парообразования сжиженного газа 394,0 кДж/кг;
- удельная теплоемкость жидкости 2,53 кДж/(кг·К);
- удельная массовая скорость выгорания 0,100000 кг/(м²·с);
- нормальная температура кипения -26,2 °С;
- коэффициент участия паров во взрыве (Z) 0,1;
- НКПР 2,0 %;
- среднеповерхностная плотность теплового излучения для огненного шара 350,0 кВт/м²;
- среднеповерхностная плотность теплового излучения для пожара пролива 40,0 кВт/м²;
- максимальное время образования огненного шара 120,0 с;
- коэффициент интенсивности испарения 1,00;

– степень расширения продуктов сгорания 7,00.

Параметры технологических процессов - класс загроможденности пространства 3.

2.6.3.2 Определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса

Определение перечня пожароопасных аварийных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса осуществлялось на основе анализа пожарной опасности каждого из технологических процессов, предусматривающего выбор ситуаций, при реализации которых возникает опасность для людей, находящихся в зоне поражения опасными факторами пожара, взрыва и сопутствующими проявлениями опасных факторов пожара.

Не рассматривались ситуации, в результате которых не возникает опасность для жизни и здоровья людей. Эти ситуации не учитывались при расчете пожарного риска.

Для выявления пожароопасных ситуаций осуществлялось деление технологического оборудования (технологических систем) на участки. Указанное деление выполнялось, исходя из возможности отдельной герметизации этих участков при возникновении аварии. Рассматривались пожароопасные ситуации, как на основном, так и вспомогательном технологическом оборудовании.

В перечне пожароопасных ситуаций применительно к каждому рассматриваемому участку, технологической установке выделялись группы пожароопасных ситуаций, которым соответствуют одинаковые модели процессов возникновения и развития.

При анализе пожароопасных ситуаций, связанных с разгерметизацией технологического оборудования, рассматривались утечки при различных диаметрах истечения (в том числе максимальные - при полном разрушении оборудования или подводящих/отводящих трубопроводов).

2.6.3.3 Определение перечня причин, возникновение которых позволяет характеризовать ситуацию, как пожароопасную

Причины возникновения аварийных ситуаций на можно условно объединить в следующие взаимосвязанные группы:

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

Ниже рассматриваются возможные причины возникновения аварии на МАЭС и кратко анализируются возможные последствия.

К основным причинам, связанным с отказами оборудования, относятся:

- прекращение подачи энергоресурсов (электроэнергии, пара, газа и т.п.);
- коррозия оборудования и трубопроводов;
- физический износ, механическое повреждение или температурная деформация оборудования и трубопроводов;
- причины, связанные с типовыми процессами.

Прекращение подачи энергоресурсов может привести к нарушению нормального режима работы установки, выходу параметров за критические значения и созданию аварийной ситуации.

Коррозия оборудования и трубопроводов может стать причиной частичной разгерметизации оборудования. Исходя из анализа аварий на аналогичных установках можно сделать вывод, что коррозионное разрушение, при достаточной прочности конструкции оборудования или трубопроводов, чаще всего имеет локальный характер и не приводит к серьезным последствиям. Однако, при несвоевременной локализации, оно может привести к цепному развитию аварийной или чрезвычайной ситуации.

Физический износ, механические повреждения или температурная деформация оборудования и трубопроводов может привести как к

частичному, так и к полному разрушению оборудования или трубопроводов и возникновению аварийной ситуации любого масштаба.

Причинами появления пожароопасных ситуаций, связанные с типовыми процессами являются:

- образование горючей или взрывоопасной среды внутри технологического оборудования;
- выход горючих веществ наружу из технологического оборудования;
- возникновение источников зажигания;
- образование условий для распространения пожара.

Основными производственными источниками зажигания являются:

1) открытый огонь:

- огневые и электрогазосварочные работы, пламя горелок и паяльных ламп и др., используемые при производстве ремонтных работ;
- высоко нагретые продукты горения: металлические выхлопные трубы топок и двигателей внутреннего сгорания;
- искры, возникающие при работе двигателей;

2) тепловое проявление механической энергии:

- искры, образующиеся при ударах твердых тел;
- искры, образующиеся при ударах подвижных механизмов вентиляторов об их неподвижные части;
- перегрев подшипников машин и аппаратов;
- перегрев ременных приводов;

3) тепловое проявление химических реакций – самовозгорание пирофорных отложений, обтирочных материалов, пропитанных маслом;

4) тепловое проявление электрической энергии:

- несоответствие электроустановок характеру технологической среды;

- несоблюдение правил эксплуатации электроустановок;
- разряды статического электричества при движении жидкостей по трубопроводам.

Причины, связанные с ошибками персонала.

При недостаточно высоком уровне автоматизации технологического процесса от обслуживающего персонала требуется высокая квалификация и повышенное внимание. Особую опасность представляют ошибки при пуске и остановке оборудования, ведении ремонтных, профилактических и других работ, связанных с неустойчивыми переходными режимами, с освобождением и заполнением оборудования опасными веществами. В случае неправильных действий персонала существует возможность разгерметизации системы и возникновения крупномасштабной аварии.

К внешним воздействиям природного и техногенного характера можно отнести грозовые разряды и разряды от статического электричества.

Внешние воздействия природного и техногенного характера могут привести к разгерметизации оборудования и трубопроводов и выходу обращающихся в них веществ наружу, а также могут служить источниками зажигания.

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

1) 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 газопаровоздушных смесей) [13];

2) 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;

3) 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 железнодорожным или автомобильным транспортом).

При выделении пожароопасных ситуаций осуществляется деление технологического оборудования на участки. Указанное деление выполняется, исходя из возможности отдельной герметизации этих участков при возникновении аварии.

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

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

Метод логических деревьев событий позволяет определить развитие возможных пожароопасных ситуаций и пожаров, возникающих вследствие реализации инициирующей пожароопасную ситуацию 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 поэтапно с учетом места ее возникновения на МАЗС, уровня потенциальной опасности каждой стадии и возможности ее локализации и ликвидации;
- переход с рассматриваемой стадии на новую определялся 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 участки.

При построении сценариев возникновения и развития пожаров рассматривались различные метеорологические условия (температура окружающей среды, скорость и направление ветра и т.д.).

В приведенных далее сценариях возникновения и развития пожаров, влекущих за собой аварии соседнего технологического оборудования за счет воздействия на него опасных факторов пожара, эти аварии могут повлечь за собой образование огненного шара. Таким образом, возможно прогрессирующее развитие пожара с одного технологического оборудования на другое.

Анализ имевших место инцидентов с пожарами и взрывами на МАЗС, к которым относится и рассматриваемый объект, позволяет выделить закономерности возникновения и развития пожароопасных ситуаций и пожаров, согласно которым аварии с пожарами и взрывами на объектах такого рода являются, как правило, следствием ситуаций, развивающихся по следующей типовой схеме:

- в результате нарушения герметичности арматуры или оборудования происходит истечение горючих продуктов в окружающее пространство;

- вышедшие горючие продукты либо воспламеняются, либо создают обширную зону газопаровоздушной смеси с взрывоопасной концентрацией горючего;

- количество выходящего продукта и масштабы пожара увеличиваются со временем, принося большой материальный ущерб и приводя к человеческим жертвам.

Для построения множества сценариев возникновения и развития пожароопасных ситуаций и пожаров в рассматриваемом объекте был использован метод логических деревьев событий показанные на рисунках 1-5.

В качестве инициирующих пожароопасные ситуации и пожары на объекте рассматриваются следующие события: разгерметизация резервуаров, разгерметизация трубопроводов.

Реализация инициирующих пожароопасные ситуации событий, связанных с разгерметизацией резервуаров и трубопроводов, приводит к образованию пролива в пределах обвалования (ограждения).

При мгновенном воспламенении вышедшего горючего продукта возникает пожар пролива.

При отсутствии мгновенного воспламенения вышедшего горючего продукта происходит испарение с поверхности пролива с возможностью образования взрывоопасного паровоздушного облака. Принимается, что испарение с поверхности пролива приводит к образованию взрывоопасного паровоздушного облака только в случае безветрия (штиля).

Последующее воспламенение при условии отсутствия мгновенного воспламенения приводит к взрыву образовавшегося паровоздушного облака или его сгоранию в режиме пожара-вспышки. Последующее воспламенение при условии отсутствия мгновенного воспламенения при наличии ветра приводит к пожару пролива.

Воздействие на резервуары пожара-вспышки и взрыва паровоздушного облака с возможностью дальнейшей эскалации пожара не рассматривается, поскольку зоны поражения от первичных пожаров (взрыв или пожар-вспышка) шире зон поражения от возможных вторичных пожаров.

Информация о мощности пожара и тепловыделения приведена на основе [29].

2.6.3.5 Деревья событий при авариях технологического оборудования с СУГ

Строим деревья исходов для событий:

- разрушение АЦ СУГ;
- разрушение емкости с горючим газом под давлением

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

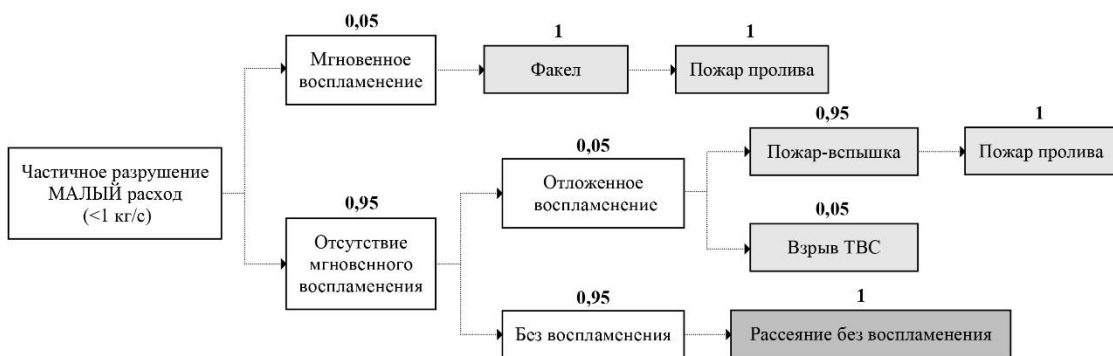


Рисунок 18 - Дерево исходов для события частичного разрушения АЦ СУГ [7]

Полное разрушение емкости с ГЖ при давлении близком к атмосферному
 $T_{всп} < T_{окр.ср}$ или $T_{всп.} < T_{всп.}$

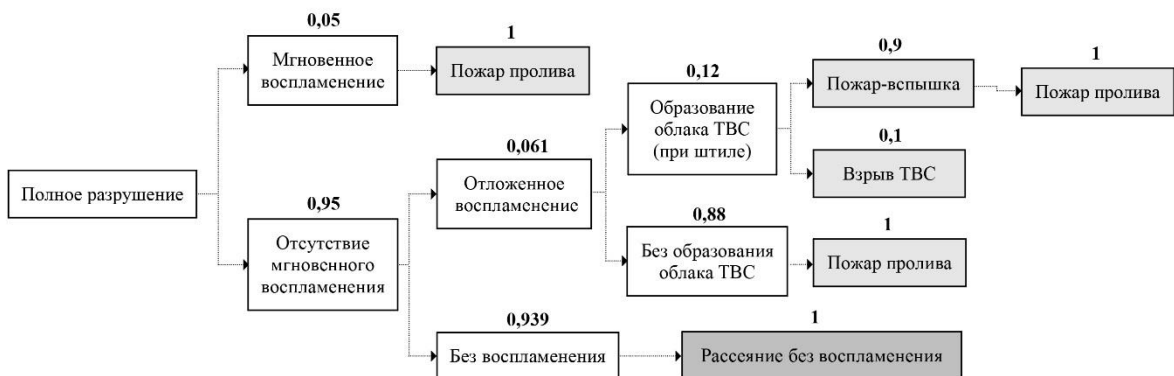


Рисунок 19 -Дерево исходов для события полного разрушения АЦ СУГ [7]

Частичное разрушение емкости с ГГ,
хранящимся под давлением
Средний расход (1 - 50 кг/с)

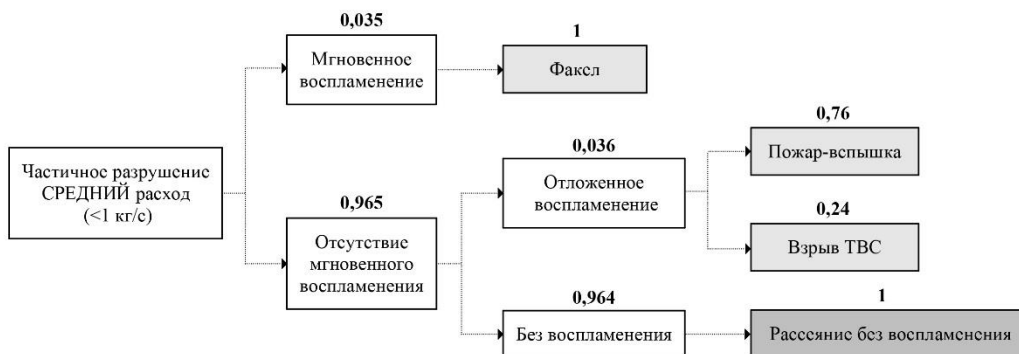


Рисунок 20 - Дерево исходов для события частичного разрушения емкости с горючим газом под давлением. Средний расход [7]

Частичное разрушение емкости с ГГ,
хранящимся под давлением
Малый расход (1 - 50 кг/с)

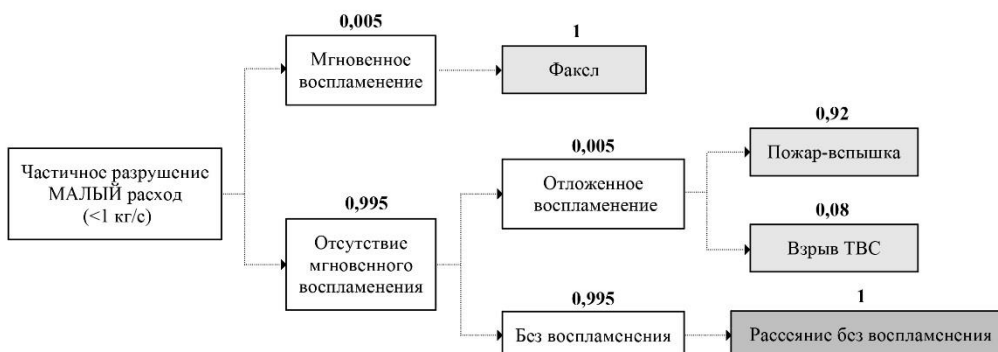


Рисунок 21 - Дерево исходов для события частичного разрушения емкости с горючим газом под давлением. Малый расход [7]

Полное разрушение емкости с ГГ,
хранящимся под давлением

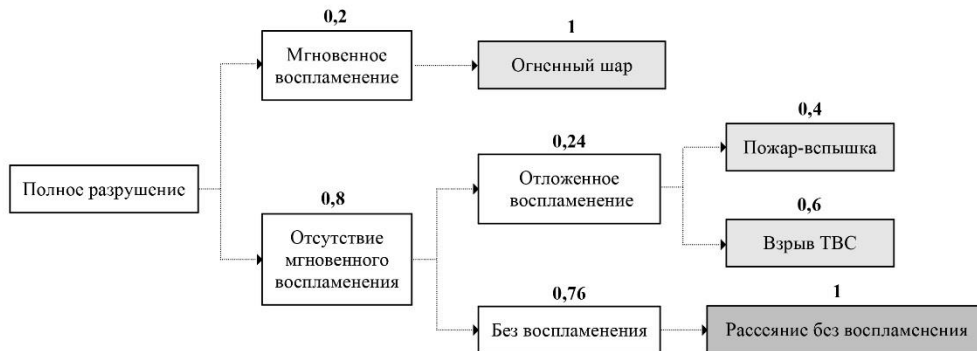


Рисунок 22 - Дерево исходов для события полного разрушения емкости с горючим газом под давлением [7]

В построенных деревьях событий аварийных ситуаций с СУГ и ГГ под давлением в емкости, учтены наиболее возможные сценарии и вероятность их возникновения, которые учитываются при выполнении расчетов пожарных рисков.

2.6.3.6 Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций

Частоты реализации сценариев развития рассматриваемых пожароопасных ситуаций и пожаров определялись в соответствии с деревом событий.

Частота реализации сценария №1-№15:

$$Q_1 = 4,0 \cdot 10^{-5} \cdot 0,995 \cdot 0,005 \cdot 0,08 = 1,59 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_2 = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot 0,995 \cdot 0,005 \cdot 0,08 = 3,98 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_3 = 6,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,965 \cdot 0,036 \cdot 0,24 = 5,17 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_4 = 3,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,965 \cdot 0,036 \cdot 0,24 = 3,17 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_5 = 1,7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,965 \cdot 0,036 \cdot 0,24 = 1,42 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_6 = 3,0 \cdot 10^{-7} \cdot 0,2 \cdot 1 \cdot 0,125 = 7,5 \cdot 10^{-9} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_7 = 3,0 \cdot 10^{-7} \cdot 0,965 \cdot 0,036 \cdot 0,24 \cdot 0,125 = 3,1 \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_8 = 4,0 \cdot 10^{-5} \cdot 0,995 \cdot 0,005 \cdot 0,08 \cdot 0,125 = 1,99 \cdot 10^{-9} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_9 = 1,0 \cdot 10^{-5} \cdot 0,995 \cdot 0,005 \cdot 0,08 \cdot 0,125 = 4,98 \cdot 10^{-9} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_{10} = 6,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,965 \cdot 0,036 \cdot 0,24 \cdot 0,125 = 6,46 \cdot 10^{-9} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_{11} = 3,8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,965 \cdot 0,036 \cdot 0,24 \cdot 0,125 = 3,96 \cdot 10^{-9} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_{12} = 1,7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,965 \cdot 0,036 \cdot 0,24 \cdot 0,125 = 1,78 \cdot 10^{-9} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_{13} = 3,0 \cdot 10^{-7} \cdot 0,965 \cdot 0,036 \cdot 0,76 \cdot 0,125 = 9,9 \cdot 10^{-10} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_{14} = 1,7 \cdot 10^{-6} \cdot 0,05 \cdot 1 \cdot 0,125 = 1,06 \cdot 10^{-8} \text{ год}^{-1}.$$

$$Q_{15} = 1,0 \cdot 10^{-4} \cdot 0,965 \cdot 0,036 \cdot 0,76 \cdot 0,1 \cdot 250 / (1,67 \cdot 10^{-3} / (24 \cdot 3600)) = 4,5 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}.$$

Продолжительность испарения с поверхности пролива топлива для всех пожароопасных ситуаций, связанных с разгерметизацией резервуаров или трубопроводов, принималась: $T = 3600$ с.

Весь вышедший при аварии сжиженный углеводородный газ испаряется ранее чем за 1 час.

2.6.3.7 Протоколы расчетов

2.6.3.7.1 Сценарий 1. Разгерметизация ТВС. Резервуар СУГ

Сценарий: частичное разрушение оборудования с ГФ.

Вещество: Пропан.

Объем емкости $10,0 \text{ м}^3$.

Масса ГФ в емкости $272,0 \text{ кг}$.

Расчет массовой скорости истечения сжатого газа по формуле ПЗ.11-3.14 [17].

Исходные данные:

- давление в оборудовании $1600000,00 \text{ Па}$;
- температура в оборудовании $311,15 \text{ К}$;
- молярная масса ОВ $0,044 \text{ кг/моль}$;
- показатель адиабаты $1,13$;
- площадь отверстия $1,9610^{-5} \text{ м}^2$;
- коэффициент истечения $0,8$;
- истечение – сверхкритическое;
- массовая скорость истечения $0,072 \text{ кг/с}$.

Полагая процесс истечения стационарным, определим время полного истечения ОВ из емкости за 3777,8 с.

Время ликвидации отверстия 3600,00 с.

Время истечения ГФ ОВ полагаем 3600,0 с.

Масса истекшей ГФ ОВ 258,1 кг.

Расчет скорости звука в воздухе, исходные данные:

- температура воздуха 311,15 К;
- скорость звука в воздухе 354,6 м/с;
- дрейф облака ТВС не учитывается.

Количество вещества, поступившего в окружающую среду в виде ГФ и аэрозоля:

- масса залпового выброса 0,00 кг;
- масса мгновенно вскипевшей ЖФ 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из пролива 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из перелива 0,00 кг;
- масса истекшей из емкости ГФ 258,1 кг

Итого поступило в окружающую среду 258,1 кг

Масса горючей смеси определена в соответствии с [17].

Расчет эффективного энергозапаса горючей смеси, исходные данные:

- масса горючей смеси равна 25,8 кг;
- теплота сгорания газа 46400000,00 Дж/кг;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³;
- концентрация горючего вещества =0,07 кг/м³.

Т.к. облако находится у поверхности земли, значение эффективного энергозапаса удваивается.

Эффективный энергозапас равен $2,40 \cdot 10^9$ Дж.

Определение скорости фронта пламени, исходные данные:

- класс горючего вещества 2;
- вид окружающего пространства - средне загроможденное.

Определение ожидаемого диапазона скорости взрывного превращения:

- номер диапазона 3;
- оценка скорости фронта пламени 73,92 м/с;
- границы диапазона скорости взрывного превращения [200,00;300,00]м/с;
- скорость фронта пламени полагаем равной значению верхней границы для данного диапазона 300,00 м/с
- масса горючего, находящаяся во взрывоопасных пределах, равна 25,8кг;
- диапазон скорости взрывного превращения 3;
- скорость фронта пламени 300,00 м/с;

Зона поражения избыточным давлением 100,00 кПа отсутствует.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 1,00% равен 71,6 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 25,00% равен 36,88 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 50,00% равен 28,2 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 90,00% равен 17,2 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $1,59 \cdot 10^{-3} \cdot 10^{-3008}$ 1/год (1/год/м).

Зависимость избыточного давления от расстояния показана на рисунке 23.

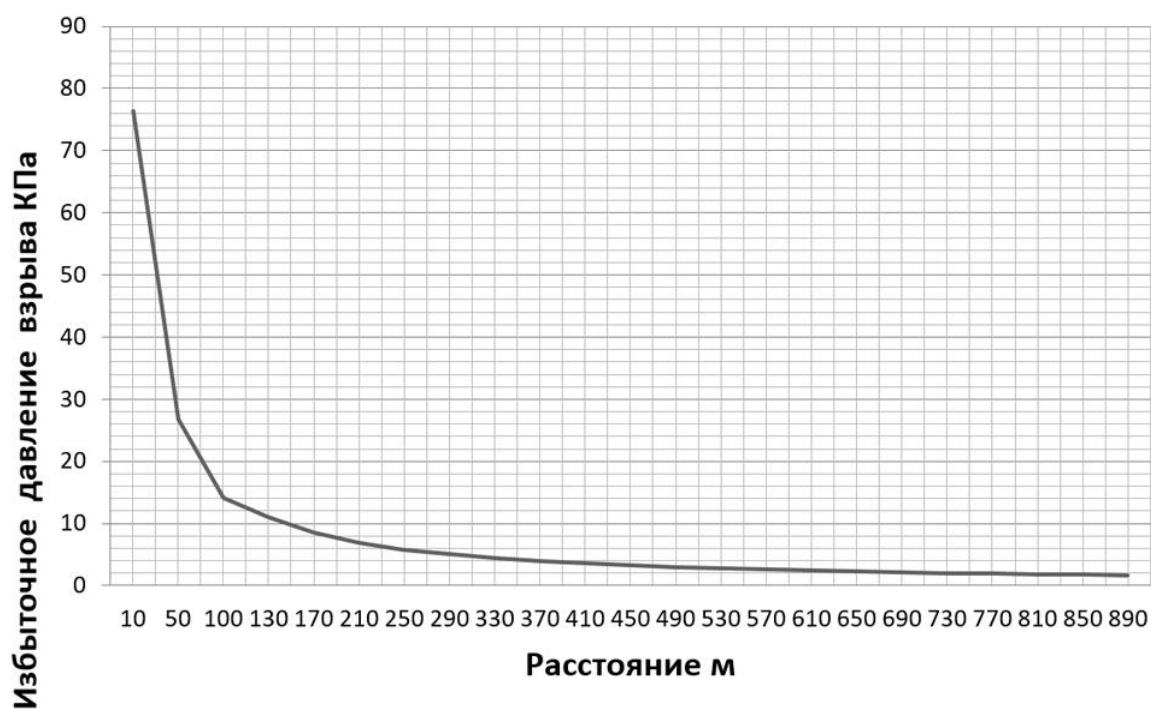


Рисунок 23- Зависимость избыточного давления от расстояния

Как видно из рисунка 23, чем больше расстояние от центра взрыва, тем ниже избыточное давление.

2.6.3.7.2 Сценарий 2. Разгерметизация ТВС. Резервуар СУГ

Сценарий: частичное разрушение оборудования с ГФ.

Вещество: Пропан.

Объем емкости 10,0 м³.

Масса ГФ в емкости 272,0 кг.

Расчет массовой скорости истечения сжатого газа по формуле ПЗ.11-3.14 [17].

Исходные данные:

- давление в оборудовании 1600000,00 Па;
- температура в оборудовании 311,15 К;
- молярная масса ОВ 0,044 кг/моль;
- показатель адиабаты 1,13;
- площадь отверстия $1,23 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$;
- коэффициент истечения 0.8;

- истечение - сверхкритическое;
- массовая скорость истечения 0,45 кг/с.

Полагая процесс истечения стационарным, определим время полного истечения ОВ из емкости за 604,3 с.

Время ликвидации отверстия 3600,00 с.

Время истечения ГФ ОВ полагаем 604,3 с.

Масса истекшей ГФ ОВ 272,0 кг.

Расчет скорости звука в воздухе, исходные данные:

- температура воздуха 311,15 К;
- скорость звука в воздухе 354,6 м/с;
- дрейф облака ТВС не учитывается.

Количество вещества, поступившего в окружающую среду в виде ГФ и аэрозоля:

- масса залпового выброса 0,00 кг;
- масса мгновенно вскипевшей ЖФ 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из пролива 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из перелива 0,00 кг;
- масса истекшей из емкости ГФ 272,0 кг.

Итого поступило в окружающую среду 272,0 кг.

Масса горючей смеси определена в соответствии с [17].

Расчет эффективного энергозапаса горючей смеси, исходные данные:

- масса горючей смеси 27,2 кг;
- теплота сгорания газа 46400000,00 Дж/кг;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³;
- концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³.

Т.к. облако находится у поверхности земли, значение эффективного энергозапаса удваивается.

Эффективный энергозапас равен $2,524 \cdot 10^9$ Дж.

Определение скорости фронта пламени, исходные данные:

- класс горючего вещества 2;

- вид окружающего пространства - средне загроможденное.

Определение ожидаемого диапазона скорости взрывного превращения:

- номер диапазона 3;

- оценка скорости фронта пламени 74,6 м/с;

- границы диапазона скорости взрывного превращения [200,00;300,00] м/с;

- скорость фронта пламени полагаем равной значению верхней границы для данного диапазона 300,00 м/с;

- масса горючего, находящаяся во взрывоопасных пределах 27,20 кг;

- диапазон скорости взрывного превращения 3;

- скорость фронта пламени 300,00 м/с.

Зона поражения избыточным давлением 100,00 кПа отсутствует.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 1,00% равен 74,8 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 25,00% равен 38,0 м

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 50,00% равен 29,1 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 90,00% равен 17,8 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $3,98 \cdot 10^{-3} / \text{год}$ (1/год/м).

Зависимость избыточного давления от расстояния показана на рисунке 23.

2.6.3.7.3 Сценарий 3. Разгерметизация. ТВС. Резервуар СУГ

Сценарий: частичное разрушение оборудования с ГФ.

Вещество: Пропан.

Объем емкости 10,0 м³.

Масса ГФ в емкости 272,0 кг.

Расчет массовой скорости истечения сжатого газа по формуле ПЗ.11-3.14 [17].

Исходные данные:

- давление в оборудовании 1600000,00 Па;
- температура в оборудовании 311,15 К;
- молярная масса ОВ 0,044 кг/моль;
- показатель адиабаты 1,13;
- площадь отверстия $4,91 \cdot 10005 \text{ м}^2$;
- коэффициент истечения 0.8;
- истечение – сверхкритическое;
- массовая скорость истечения 1,797 кг/с.

Полагая процесс истечения стационарным, определим время полного истечения ОВ из емкости за 151,4 с.

Время ликвидации отверстия 3600,00 с.

Время истечения ГФ ОВ полагаем 151,4 с.

Масса истекшей ГФ ОВ 272,0 кг.

Расчет скорости звука в воздухе, исходные данные:

- температура воздуха 311,15 К;
- скорость звука в воздухе 354,6 м/с;
- дрейф облака ТВС не учитывается.

Количество вещества, поступившего в окружающую среду в виде ГФ и аэрозоля:

- масса залпового выброса 0,00 кг;
- масса мгновенно вскипевшей ЖФ 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из пролива 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из перелива 0,00 кг;
- масса истекшей из емкости ГФ 272,0 кг.

Итого поступило в окружающую среду 272,0 кг.

Масса горючей смеси определена в соответствии с [17].

Расчет эффективного энергозапаса горючей смеси, исходные данные:

- масса горючей смеси 27,2 кг;
- теплота сгорания газа 46400000,00 Дж/кг;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³;
- концентрация горючего вещества =0,07 кг/м³.

Т.к. облако находится у поверхности земли, значение эффективного энергозапаса удваивается .

Эффективный энергозапас равен $2,524 \cdot 10^9$ Дж.

Определение скорости фронта пламени, исходные данные:

- класс горючего вещества 2;
- вид окружающего пространства - средне загроможденное.

Определение ожидаемого диапазона скорости взрывного превращения:

- номер диапазона 3;
- оценка скорости фронта пламени 74,6 м/с;
- границы диапазона скорости взрывного превращения [200,00;300,00] м/с;
- скорость фронта пламени полагаем равной значению верхней границы для данного диапазона 300,00 м/с;
- масса горючего, находящаяся во взрывоопасных пределах 27,20 кг;
- диапазон скорости взрывного превращения 3;
- скорость фронта пламени 300,00 м/с.

Зона поражения избыточным давлением 100,00 кПа отсутствует.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 1,00% равен 74,8 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 25,00% равен 38 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 50,00% равен 29,1 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 90,00% равен 17,8 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $5,17 \cdot 10008$ 1/год (1/год/м).

Зависимость избыточного давления от расстояния показана на рисунке 23.

2.6.3.7.4 Сценарий 4. Разгерметизация. ТВС. Резервуар СУГ

Сценарий: частичное разрушение оборудования с ГФ.

Вещество: Пропан.

Объем емкости $10,0 \text{ м}^3$.

Масса ГФ в емкости $272,0 \text{ кг}$.

Расчет массовой скорости истечения сжатого газа по формуле ПЗ.11-3.14 [17].

Исходные данные:

- давление в оборудовании $1600000,00 \text{ Па}$;
- температура в оборудовании $311,15 \text{ К}$;
- молярная масса ОВ $0,044 \text{ кг/моль}$;
- показатель адиабаты $1,13$;
- площадь отверстия $1,96 \cdot 10^{-003} \text{ м}^2$;
- коэффициент истечения $0,8$;
- истечение сверхкритическое;
- массовая скорость истечения $7,17 \text{ кг/с}$.

Полагая процесс истечения стационарным, определим время полного истечения ОВ из емкости за $37,92 \text{ с}$:

- время ликвидации отверстия $3600,00 \text{ с}$;
- время истечения ГФ ОВ полагаем $37,92 \text{ с}$;
- масса истекшей ГФ ОВ $272,0 \text{ кг}$;

Расчет скорости звука в воздухе, исходные данные:

- температура воздуха $311,15 \text{ К}$;
- скорость звука в воздухе $354,6 \text{ м/с}$;
- дрейф облака ТВС не учитывается.

Количество вещества, поступившего в окружающую среду в виде ГФ и аэрозоля:

- масса залпового выброса 0,00 кг;
- масса мгновенно вскипевшей ЖФ 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из пролива 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из перелива 0,00 кг;
- масса истекшей из емкости ГФ 272,0 кг.

Итого поступило в окружающую среду 272,0 кг

Масса горючей смеси определена в соответствии с [17].

Расчет эффективного энергозапаса горючей смеси, исходные данные:

- масса горючей смеси 27,2 кг;
- теплота сгорания газа 46400000,00 Дж/кг;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³;
- концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³.

Т.к. облако находится у поверхности земли, значение эффективного энергозапаса удваивается.

Эффективный энергозапас равен $2,524 \cdot 10^9$ Дж.

Определение скорости фронта пламени, исходные данные:

- класс горючего вещества 2;
- вид окружающего пространства - средне загроможденное;

Определение ожидаемого диапазона скорости взрывного превращения:

- номер диапазона 3;
- оценка скорости фронта пламени 74,6 м/с;
- границы диапазона скорости взрывного превращения [200,00;300,00]

м/с;

- скорость фронта пламени полагаем равной значению верхней границы для данного диапазона 300,00 м/с;

- масса горючего, находящаяся во взрывоопасных пределах 27,20 кг;
- диапазон скорости взрывного превращения 3;
- скорость фронта пламени 300,00 м/с.

Зона поражения избыточным давлением 100,00 кПа отсутствует

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 1,00% равен 74,8 м

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 25,00% равен 38 м

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 50,00% равен 29,1 м

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 90,00% равен 17,8 м

Частота возникновения опасного сценария аварии $3,17 \cdot 10^{-008}$ 1/год (1/год/м).

Зависимость избыточного давления от расстояния показана на рисунке 23.

2.6.3.7.5 Сценарий 5. Разгерметизация. ТВС. Резервуар СУГ

Сценарий: частичное разрушение оборудования с ГФ.

Вещество: Пропан.

Объем емкости 10,0 м³.

Масса ГФ в емкости 272,0 кг.

Расчет массовой скорости истечения сжатого газа по формуле ПЗ.11-3.14 [17].

Исходные данные:

- давление в оборудовании 1600000,00 Па;
- температура в оборудовании 311,15 К;
- молярная масса ОВ 0,044 кг/моль;
- показатель адиабаты 1,13;
- площадь отверстия $7,85 \cdot 10^{-3}$ м²;
- коэффициент истечения 0.8;
- истечение сверхкритическое;
- массовая скорость истечения 28,72 кг/с.

Полагая процесс истечения стационарным, определим время полного истечения ОВ из емкости за 9,47 с:

- время ликвидации отверстия 3600,00 с;
- время истечения ГФ ОВ полагаем 9,47 с;
- масса истекшей ГФ ОВ 272,0 кг.

Расчет скорости звука в воздухе, исходные данные:

- температура воздуха 311,15 К;
- скорость звука в воздухе 354,6 м/с;
- дрейф облака ТВС не учитывается.

Количество вещества, поступившего в окружающую среду в виде ГФ и аэрозоля:

- масса залпового выброса 0,00 кг;
- масса мгновенно вскипевшей ЖФ 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из пролива 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из перелива 0,00 кг;
- масса истекшей из емкости ГФ 272,0 кг.

Итого поступило в окружающую среду 272,0 кг

Масса горючей смеси определена в соответствии с [17].

Расчет эффективного энергозапаса горючей смеси, исходные данные:

- масса горючей смеси 27,2 кг;
- теплота сгорания газа 46400000,00 Дж/кг;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³;
- концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³.

Т.к. облако находится у поверхности земли, значение эффективного энергозапаса удваивается.

Эффективный энергозапас равен $2,524 \cdot 10^9$ Дж.

Определение скорости фронта пламени, исходные данные:

- класс горючего вещества 2;
- вид окружающего пространства - средне загроможденное;

Определение ожидаемого диапазона скорости взрывного превращения:

- номер диапазона 3;
- оценка скорости фронта пламени 74,6 м/с;
- границы диапазона скорости взрывного превращения [200,00;300,00]м/с;
- скорость фронта пламени полагаем равной значению верхней границы для данного диапазона 300,00 м/с;
- масса горючего, находящаяся во взрывоопасных пределах 27,20 кг;
- диапазон скорости взрывного превращения 3;
- скорость фронта пламени 300,00 м/с.

Зона поражения избыточным давлением 100,00 кПа отсутствует

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 1,00% равен 74,8 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 25,00% равен 38 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 50,00% равен 29,1 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 90,00% равен 17,8 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $1,42 \cdot 10^{-8}$ 1/год (1/год/м).

Зависимость избыточного давления от расстояния показана на рисунке 23.

2.6.3.7.6 Сценарий 6. Полное разрушение. Огненный шар.

Автоцистерна СУГ

Сценарий: полное разрушение оборудования с ГФ.

Вещество: Пропан.

Объем емкости 12,113 м³.

Масса ГФ в емкости 329,1 кг.

Масса ГФ поступившей в окружающую среду 329,1 кг.

Расчет интенсивности излучения огненного шара:

- масса ОБ (m) 329,1 кг

Эффективный диаметр огненного шара (D_s) 43,67 м.

Среднеповерхностная интенсивность излучения пламени (E_f)
350,000 кВт/м².

Время существования огненного шара (t_s) 3,92 с.

Радиус зоны смертельного поражения тепловым излучением с вероятностью 1,00% равен 66,1 м.

Радиус зоны смертельного поражения тепловым излучением с вероятностью 25,00% равен 44,0 м.

Радиус зоны смертельного поражения тепловым излучением с вероятностью 50,00% равен 35,3 м.

Радиус зоны смертельного поражения тепловым излучением с вероятностью 90,00% равен 16,8 м.

Радиус зоны поражения тепловым излучением с интенсивностью 1,40 кВт/м² 308,9 м.

Радиус зоны поражения тепловым излучением с интенсивностью 4,20 кВт/м² 182,9 м.

Радиус зоны поражения тепловым излучением с интенсивностью 7,00 кВт/м² 141,3 м.

Радиус зоны поражения тепловым излучением с интенсивностью 10,50 кВт/м² = 113,6 м

Радиус зоны поражения тепловым излучением с интенсивностью 13,90 кВт/м² 97,0 м.

Радиус зоны поражения тепловым излучением с интенсивностью 14,80 кВт/м² 93,5 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $7,5 \cdot 10^{-9}$ 1/год (1/год/м).

2.6.3.7.7 Сценарий 7. Полное разрушение. ТВС. Автоцистерна СУГ

Сценарий: полное разрушение оборудования с ГФ.

Вещество: Пропан.

Объем емкости 12,1 м³.

Масса ГФ в емкости 329,1 кг.

Масса ГФ поступившей в окружающую среду 329,1 кг.

Расчет скорости звука в воздухе, исходные данные:

- температура воздуха 311,15 К;
- скорость звука в воздухе 354,6 м/с;
- дрейф облака ТВС не учитывается.

Количество вещества, поступившего в окружающую среду в виде ГФ и аэрозоля:

- масса залпового выброса 329,1 кг;
- масса мгновенно вскипевшей ЖФ 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из пролива 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из перелива 0,00 кг;
- масса истекшей из емкости ГФ 0,00 кг.

Итого поступило в окружающую среду 329,1 кг.

Масса горючей смеси определена в соответствии с [3].

Расчет эффективного энергозапаса горючей смеси, исходные данные:

- масса горючей смеси 32,9 кг;
- теплота сгорания газа 46400000,00 Дж/кг;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³;
- концентрация горючего вещества ,07 кг/м³.

Т.к. облако находится у поверхности земли, значение эффективного энергозапаса удваивается.

Эффективный энергозапас равен $3,05 \cdot 10^9$ Дж.

Определение скорости фронта пламени, исходные данные:

- класс горючего вещества 2;
- вид окружающего пространства - средне загроможденное.

Определение ожидаемого диапазона скорости взрывного превращения:

- номер диапазона 3;
- оценка скорости фронта пламени 76,98 м/с;

- границы диапазона скорости взрывного превращения [200,00;300,00]м/с;

- скорость фронта пламени полагаем равной значению верхней границы для данного диапазона 300,00 м/с;

- масса горючего, находящаяся во взрывоопасных пределах 32,9 кг;

- диапазон скорости взрывного превращения 3;

- скорость фронта пламени 300,00 м/с.

Радиус зоны поражения избыточным давлением 2,00 кПа равен 792м.

Радиус зоны поражения избыточным давлением 14,00 кПа равен 108,3м.

Радиус зоны поражения избыточным давлением 28,00 кПа равен 51,4м.

Радиус зоны поражения избыточным давлением 50,00 кПа равен 25,1м.

Радиус зоны поражения избыточным давлением 70,00 кПа равен 14,8м.

Зона поражения избыточным давлением 100,00 кПа отсутствует.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 1,00% равен 83 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 25,00% равен 42,9 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 50,00% равен 32,9 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 90,00% равен 20,01 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $3,1 \cdot 10^{-10}$ 1/год (1/год/м).

Зависимость избыточного давления от расстояния показана на рисунке 23.

2.6.3.7.8 Сценарий 8. Разгерметизация. ТВС. Автоцистерна СУГ

Объем емкости 12,1 м³.

Масса ГФ в емкости 329,1 кг.

Расчет массовой скорости истечения сжатого газа по формуле ПЗ.11-3.14 [17].

Исходные данные:

- давление в оборудовании 1600000,00 Па;
- температура в оборудовании 311,15 К;
- молярная масса ОВ 0,044 кг/моль;
- показатель адиабаты 1,13;
- площадь отверстия $1,96 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$;
- коэффициент истечения 0.8;
- истечение сверхкритическое;
- массовая скорость истечения 0,072 кг/с.

Полагая процесс истечения стационарным, определим время полного истечения ОВ из емкости за 4570,1 с.

Время ликвидации отверстия 3600,00 с.

Время истечения ГФ ОВ полагаем 3600,0 с.

Масса истекшей ГФ ОВ 258,1 кг.

Расчет скорости звука в воздухе, исходные данные:

- температура воздуха 311,15 К;
- скорость звука в воздухе 354,6 м/с;
- дрейф облака ТВС не учитывается.

Количество вещества, поступившего в окружающую среду в виде ГФ и аэрозоля:

- масса залпового выброса 0,00 кг;
- масса мгновенно вскипевшей ЖФ 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из пролива 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из перелива 0,00 кг;
- масса истекшей из емкости ГФ 258,1 кг.

Итого поступило в окружающую среду 258,1 кг.

Масса горючей смеси определена в соответствии с [17].

Расчет эффективного энергозапаса горючей смеси, исходные данные:

- масса горючей смеси 25,8 кг ;
- теплота сгорания газа 46400000,00 Дж/кг;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³;
- концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³.

Т.к. облако находится у поверхности земли, значение эффективного энергозапаса удваивается.

Эффективный энергозапас равен $2,40 \cdot 10^9$ Дж.

Определение скорости фронта пламени, исходные данные:

- класс горючего вещества 2;
- вид окружающего пространства средне загроможденное.

Определение ожидаемого диапазона скорости взрывного превращения:

- номер диапазона 3;
- оценка скорости фронта пламени 73,92 м/с;
- границы диапазона скорости взрывного превращения

[200,00;300,00]м/с;

- скорость фронта пламени полагаем равной значению верхней границы для данного диапазона 300,00 м/с;

- масса горючего, находящаяся во взрывоопасных пределах 25,8 кг;
- диапазон скорости взрывного превращения 3;
- скорость фронта пламени 300,00 м/с;

Зона поражения избыточным давлением 100,00 кПа отсутствует.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 1,00% равен 71,6 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 25,00% равен 36,88 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 50,00% равен 28,2 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 90,00% равен 17,2 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $1,99 \cdot 10^{-9}$ 1/год (1/год/м).

Зависимость избыточного давления от расстояния показана на рисунке 23.

2.6.3.7.9 Сценарий 9. Разгерметизация. ТВС. Автоцистерна СУГ

Сценарий: частичное разрушение оборудования с ГФ.

Объем емкости 12,1 м³.

Масса ГФ в емкости 329,1 кг.

Расчет массовой скорости истечения сжатого газа по формуле ПЗ.11-3.14 [17].

Исходные данные:

- давление в оборудовании 1600000,00 Па;
- температура в оборудовании 311,15 К;
- молярная масса ОВ 0,044 кг/моль;
- показатель адиабаты 1,13;
- площадь отверстия $1,23 \cdot 10^{-4}$ м²;
- коэффициент истечения 0,8;
- истечение сверхкритическое;
- массовая скорость истечения 0,072 кг/с.

Полагая процесс истечения стационарным, определим время полного истечения ОВ из емкости 4570,1 с.

Время ликвидации отверстия 3600,00 с.

Время истечения ГФ ОВ полагаем 3600,0 с.

Масса истекшей ГФ ОВ 329,1 кг.

Расчет скорости звука в воздухе, исходные данные:

- температура воздуха 311,15 К;
- скорость звука в воздухе 354,6 м/с;
- дрейф облака ТВС не учитывается.

Количество вещества, поступившего в окружающую среду в виде ГФ и аэрозоля:

- масса залпового выброса 0,00 кг;
- масса мгновенно вскипевшей ЖФ 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из пролива 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из перелива 0,00 кг;
- масса истекшей из емкости ГФ 329,1 кг.

Итого поступило в окружающую среду 329,1 кг.

Масса горючей смеси определена в соответствии с [17].

Расчет эффективного энергозапаса горючей смеси, исходные данные:

- масса горючей смеси 32,9 кг;
- теплота сгорания газа 46400000,00 Дж/кг;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³;
- концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³.

Т.к. облако находится у поверхности земли, значение эффективного энергозапаса удваивается.

Эффективный энергозапас равен $3,0541 \cdot 10^9$ Дж.

Определение скорости фронта пламени, исходные данные:

- класс горючего вещества 2;
- вид окружающего пространства средне загроможденное.

Определение ожидаемого диапазона скорости взрывного превращения:

- номер диапазона 3;
- оценка скорости фронта пламени 76,98 м/с;
- границы диапазона скорости взрывного превращения

[200,00;300,00]м/с;

- скорость фронта пламени полагаем равной значению верхней границы для данного диапазона 300,00 м/с;

- масса горючего, находящаяся во взрывоопасных пределах 32,9 кг;
- диапазон скорости взрывного превращения 3;
- скорость фронта пламени 300,00 м/с.

Зона поражения избыточным давлением 100,00 кПа отсутствует.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 1,00% равен 83,8,6 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 25,00% равен 43,0 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 50,00% равен 32,9 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 90,00% равен 20,2 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $4,98 \cdot 10^{-9}$ 1/год (1/год/м).

Зависимость избыточного давления от расстояния показана на рисунке 23.

2.6.3.7.10 Сценарий 10. Разгерметизация. ТВС. Автоцистерна СУГ

Сценарий: частичное разрушение оборудования с ГФ.

Объем емкости 12,1 м³.

Масса ГФ в емкости 329,1 кг.

Расчет массовой скорости истечения сжатого газа по формуле ПЗ.11-3.14 [17].

Исходные данные:

- давление в оборудовании 1600000,00 Па;
- температура в оборудовании 311,15 К;
- молярная масса ОВ 0,044 кг/моль;
- показатель адиабаты 1,13;
- площадь отверстия $4,91 \cdot 10^{-4}$ м²;
- коэффициент истечения 0.8;
- истечение сверхкритическое;
- массовая скорость истечения 1,797 кг/с.

Полагая процесс истечения стационарным, определим время полного истечения ОВ из емкости 187,1 с.

Время ликвидации отверстия 3600,00 с.

Время истечения ГФ ОВ полагаем 3600,0 с.

Масса истекшей ГФ ОВ 329,1 кг.

Расчет скорости звука в воздухе, исходные данные:

- температура воздуха 311,15 К;
- скорость звука в воздухе 354,6 м/с;
- дрейф облака ТВС не учитывается.

Количество вещества, поступившего в окружающую среду в виде ГФ и аэрозоля:

- масса залпового выброса 0,00 кг;
- масса мгновенно вскипевшей ЖФ 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из пролива 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из перелива 0,00 кг;
- масса истекшей из емкости ГФ 329,1 кг.

Итого поступило в окружающую среду 329,1 кг.

Масса горючей смеси определена в соответствии с [17].

Расчет эффективного энергозапаса горючей смеси, исходные данные:

- масса горючей смеси 32,9 кг;
- теплота сгорания газа 46400000,00 Дж/кг;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³;
- концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³.

Т.к. облако находится у поверхности земли, значение эффективного энергозапаса удваивается.

Эффективный энергозапас равен $3,0541 \cdot 10^9$ Дж.

Определение скорости фронта пламени, исходные данные:

- класс горючего вещества 2;
- вид окружающего пространства средне загроможденное.

Определение ожидаемого диапазона скорости взрывного превращения:

- номер диапазона 3;
- оценка скорости фронта пламени 76,98 м/с;

- границы диапазона скорости взрывного превращения [200,00;300,00]м/с;

- скорость фронта пламени полагаем равной значению верхней границы для данного диапазона 300,00 м/с;

- масса горючего, находящаяся во взрывоопасных пределах 32,9 кг;

- диапазон скорости взрывного превращения 3;

- скорость фронта пламени 300,00 м/с.

Зона поражения избыточным давлением 100,00 кПа отсутствует.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 1,00% равен 83,8,6 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 25,00% равен 43,0 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 50,00% равен 32,9 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 90,00% равен 20,2 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $6,46 \cdot 10^{-9}$ 1/год (1/год/м).

Зависимость избыточного давления от расстояния показана на рисунке 23.

2.6.3.7.11 Сценарий 11. Разгерметизация. ТВС. Автоцистерна СУГ

Сценарий: частичное разрушение оборудования с ГФ.

Объем емкости 12,1 м³.

Масса ГФ в емкости 329,1 кг.

Расчет массовой скорости истечения сжатого газа по формуле ПЗ.11-3.14 [17].

Исходные данные:

- давление в оборудовании 1600000,00 Па;

- температура в оборудовании 311,15 К;

- молярная масса ОВ 0,044 кг/моль;

- показатель адиабаты 1,13;
- площадь отверстия $1,96 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$;
- коэффициент истечения 0.8;
- истечение сверхкритическое;
- массовая скорость истечения 7,172 кг/с.

Полагая процесс истечения стационарным, определим время полного истечения ОВ из емкости равен 45,9 с.

Время ликвидации отверстия 3600,00 с.

Время истечения ГФ ОВ полагаем 3600,0 с.

Масса истекшей ГФ ОВ 329,1 кг.

Расчет скорости звука в воздухе, исходные данные:

- температура воздуха 311,15 К;
- скорость звука в воздухе 354,6 м/с;
- дрейф облака ТВС не учитывается.

Количество вещества, поступившего в окружающую среду в виде ГФ и аэрозоля:

- масса залпового выброса 0,00 кг;
- масса мгновенно вскипевшей ЖФ 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из пролива 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из перелива 0,00 кг;
- масса истекшей из емкости ГФ 329,1 кг.

Итого поступило в окружающую среду 329,1 кг.

Масса горючей смеси определена в соответствии с [17].

Расчет эффективного энергозапаса горючей смеси, исходные данные:

- масса горючей смеси 32,9 кг;
- теплота сгорания газа 46400000,00 Дж/кг;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества $0,07 \text{ кг/м}^3$;
- концентрация горючего вещества $0,07 \text{ кг/м}^3$.

Т.к. облако находится у поверхности земли, значение эффективного энергозапаса удваивается.

Эффективный энергозапас равен $3,0541 \cdot 10^9$ Дж.

Определение скорости фронта пламени, исходные данные:

- класс горючего вещества 2;
- вид окружающего пространства средне загроможденное.

Определение ожидаемого диапазона скорости взрывного превращения:

- номер диапазона 3;
- оценка скорости фронта пламени $76,98$ м/с;
- границы диапазона скорости взрывного превращения $[200,00;300,00]$ м/с;
- скорость фронта пламени полагаем равной значению верхней границы для данного диапазона $300,00$ м/с;
- масса горючего, находящаяся во взрывоопасных пределах $32,9$ кг;
- диапазон скорости взрывного превращения 3;
- скорость фронта пламени $300,00$ м/с.

Зона поражения избыточным давлением $100,00$ кПа отсутствует.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью $1,00\%$ равен $83,8,6$ м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью $25,00\%$ равен $43,0$ м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью $50,00\%$ равен $32,9$ м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью $90,00\%$ равен $20,2$ м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $3,96 \cdot 10^{-9}$ 1/год (1/год/м).

Зависимость избыточного давления от расстояния показана на рисунке 23.

2.6.3.7.12 Сценарий 12. Разгерметизация. ТВС. Автоцистерна СУГ

Сценарий: частичное разрушение оборудования с ГФ.

Объем емкости $12,1$ м³.

Масса ГФ в емкости 329,1 кг.

Расчет массовой скорости истечения сжатого газа по формуле ПЗ.11-3.14 [17].

Исходные данные:

- давление в оборудовании 1600000,00 Па;
- температура в оборудовании 311,15 К;
- молярная масса ОВ 0,044 кг/моль;
- показатель адиабаты 1,13;
- площадь отверстия $7,85 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$;
- коэффициент истечения 0.8;
- истечение сверхкритическое;
- массовая скорость истечения 28,724 кг/с.

Полагая процесс истечения стационарным, определим время полного истечения ОВ из емкости за 11,5 с.

Время ликвидации отверстия 3600,00 с.

Время истечения ГФ ОВ полагаем 3600,0 с.

Масса истекшей ГФ ОВ 329,1 кг.

Расчет скорости звука в воздухе, исходные данные:

- температура воздуха 311,15 К;
- скорость звука в воздухе 354,6 м/с;
- дрейф облака ТВС не учитывается.

Количество вещества, поступившего в окружающую среду в виде ГФ и аэрозоля:

- масса залпового выброса 0,00 кг;
- масса мгновенно вскипевшей ЖФ 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из пролива 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из перелива 0,00 кг;
- масса истекшей из емкости ГФ 329,1 кг.

Итого поступило в окружающую среду 329,1 кг.

Масса горючей смеси определена в соответствии с [17].

Расчет эффективного энергозапаса горючей смеси, исходные данные:

- масса горючей смеси 32,9 кг;
- теплота сгорания газа 46400000,00 Дж/кг;
- стехиометрическая концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³;
- концентрация горючего вещества 0,07 кг/м³.

Т.к. облако находится у поверхности земли, значение эффективного энергозапаса удваивается.

Эффективный энергозапас равен $3,0541 \cdot 10^9$ Дж.

Определение скорости фронта пламени, исходные данные:

- класс горючего вещества 2;
- вид окружающего пространства средне загроможденное.

Определение ожидаемого диапазона скорости взрывного превращения:

- номер диапазона 3;
- оценка скорости фронта пламени 76,98 м/с;
- границы диапазона скорости взрывного превращения [200,00;300,00]м/с;
- скорость фронта пламени полагаем равной значению верхней границы для данного диапазона 300,00 м/с;

- масса горючего, находящаяся во взрывоопасных пределах 32,9 кг;
- диапазон скорости взрывного превращения 3;
- скорость фронта пламени 300,00 м/с.

Зона поражения избыточным давлением 100,00 кПа отсутствует.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 1,00% равен 83,8,6 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 25,00% равен 43,0 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 50,00% равен 32,9 м.

Радиус зоны смертельного поражения ударной волной с вероятностью 90,00% равен 20,2 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $1,78 \cdot 10^{-9}$ 1/год (1/год/м).

Зависимость избыточного давления от расстояния показана на рисунке 23.

2.6.3.7.13 Сценарий 13. Полное разрушение. Пожар-вспышка.

Автоцистерна СУГ

Сценарий: полное разрушение оборудования с ГФ.

Вещество: Пропан.

Объем емкости 12,113 м³.

Масса ГФ в емкости 329,1 кг.

Масса ГФ поступившей в окружающую среду 329,1 кг.

Количество вещества, поступившего в окружающую среду в виде ГФ и аэрозоля:

- масса залпового выброса 329,1 кг;
- масса мгновенно вскипевшей ЖФ 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из пролива 0,00 кг;
- масса испаренного вещества из перелива 0,00 кг;
- масса истекшей из емкости ГФ 0,00 кг.

Итого поступило в окружающую среду 329,1 кг.

Вычисление радиуса и высоты зоны, ограничивающей область концентраций, превышающей НКПР, для ГГ по формулам ПЗ.32 и ПЗ.33 [17].

Исходные данные:

- масса ГГ 329,1 кг;
- НКПР 2,000 % об.;
- плотность ГГ 1,74 кг/м³;
- радиус зоны НКПР 35,11 м;
- высота зоны НКПР 1,17 м;

Радиус зоны поражения продуктами сгорания облака ТВС 42,13 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $9,9 \cdot 10^{-10}$ 1/год (1/год/м).

2.6.3.7.14 Сценарий 14. Разгерметизация. Горизонтальный факел. Автоцистерна СУГ

Сценарий: частичное разрушение оборудования с ГФ.

Вещество: Пропан.

Объем емкости $12,113 \text{ м}^3$.

Масса ГФ в емкости 329,1 кг.

Расчет массовой скорости истечения сжатого газа по формуле ПЗ.11-3.14 [17].

Исходные данные:

- давление в оборудовании 1600000,00 Па;
- температура в оборудовании 311,15 К;
- молярная масса ОВ 0,044 кг/моль;
- показатель адиабаты 1,13;
- площадь отверстия $7,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$;
- коэффициент истечения 0.8;
- истечение сверхкритическое;
- массовая скорость истечения 28,72 кг/с.

Полагая процесс истечения стационарным, определим время полного истечения ОВ из емкости за 11,6 с.

Время ликвидации отверстия 3600,00 с.

Время истечения ГФ ОВ полагаем 11,6 с.

Масса истекшей ГФ ОВ 329,1 кг.

Длина факела 44,89 м.

Ширина факела 6,73 м.

Радиус зоны поражения опасными факторами горизонтального факела равен 44,89 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $1,06 \cdot 10^{-9}$ 1/год (1/год/м).

2.6.3.7.15 Сценарий 15 Аварийная ситуация – разгерметизация заправочного рукава при заправке автотранспортного средства от заправочной колонки с СУГ

Дополнительные исходные данные:

- внутренний диаметр заправочного рукава, ($d_{\text{Тр}}$) 0,02 м;
- длина заправочного рукава, ($L_{\text{Тр}}$) = 4 м;
- производительность насоса, (q) $1,67 \cdot 10^{-3}$ м/с;
- площадь разлива не ограничена;
- вероятность отказа систем автоматического отключения трубопроводов не выше $1 \cdot 10^{-6}$ или резервированием их элементов (продолжительность срабатывания отсекающих устройств в системе по прямому току $t_{c1}=0,5$ с и по обратному току $t_{c2}=0,5$ с).

Расчет:

$$F_{\text{Тр}} = 0,785 \cdot 0,022 = 0,000314 \text{ м}^2$$

$$m_{\text{ж}} = (q \cdot t_c + F_{\text{Тр}} \cdot L_{\text{Тр}}) \cdot \rho_{\text{ж1}} =$$

$$= (1,67 \cdot 10^{-3} \cdot 0,5 + 0,000314 \cdot 4) \cdot 584 = 1,22 \text{ кг};$$

$$m_{\text{Г}} = 0,8 \cdot 1,22 = 0,98 \text{ кг}; m_{\text{жн}} = 1,22 - 0,98 = 0,24 \text{ кг};$$

$$V_{\text{ж}} = 1,37 / 584 = 0,00042 \text{ м}^3;$$

$$F_{\text{К}} = 0,00042 \cdot 0,15 \cdot 103 = 0,06 \text{ м}^2;$$

$$d = 0,28$$

Итого поступило в окружающую среду 1,22 кг.

Вычисление радиуса и высоты зоны, ограничивающей область концентраций, превышающей НКПР, для ГГ по формулам ПЗ.32 и ПЗ.33 [17]].

Исходные данные:

- масса ГГ 1,22 кг;
- НКПР 2,000 % об.;
- плотность ГГ $1,74 \text{ кг/м}^3$;
- радиус зоны НКПР 5,53 м;

- высота зоны НКПР 0,19 м.

Радиус зоны поражения продуктами сгорания облака ТВС 5,53 м.

Частота возникновения опасного сценария аварии $4,5 \cdot 10^{-7}$ 1/год (1/год/м).

Рассмотренные сценарии позволяют оценить радиусы зон поражения.

2.6.3.8 Определение условных вероятностей поражения людей

По результатам выполненных расчетов зон поражения определяем условную вероятность поражения людей по рассмотренным сценариям №1 - №12 (таблица 6), индивидуальный пожарный риск на площадках МАЗС (таблица 7), социальный пожарный риск в селитебной зоне вблизи МАЗС (таблица 8) и индивидуальный пожарный риск в селитебной зоне (таблица 9).

Таблица 6 - Условная вероятность поражения человека в зависимости от расстояния для сценариев №1 - №12

№ Сцен.	Расстояние от места разгерметизации до соседнего объекта, м											
	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80	100	300
1	96,28	94,88	80,79	61,60	43,59	18,39	6,37	2,19	1,12	0	0	0
2	96,11	95,66	83,18	64,84	46,96	20,89	7,69	2,65	1,29	0,32	0	0
3	96,11	95,66	83,18	64,84	46,96	20,89	7,69	2,65	1,29	0,32	0	0
4	96,11	95,66	83,18	64,84	46,96	20,89	7,69	2,65	1,29	0,32	0	0
5	96,11	95,66	83,18	64,84	46,96	20,89	7,69	2,65	1,29	0,32	0	0
6	93,69	90,24	83,89	74,05	60,99	31,12	9,01	1,62	0	0	0	0
7	96,06	97,06	90,28	75,70	59,12	31,15	14,01	5,53	2,24	1,24	0	0
8	96,28	94,88	80,79	61,60	43,59	18,39	6,37	2,19	1,12	0	0	0
9	96,28	94,88	80,79	61,60	43,59	18,39	6,37	2,19	1,12	0	0	0
10	96,06	97,06	90,28	75,70	59,12	31,15	14,01	5,53	2,24	1,24	0	0
11	96,06	97,06	90,28	75,70	59,12	31,15	14,01	5,53	2,24	1,24	0	0
12	96,06	97,06	90,28	75,70	59,12	31,15	14,01	5,53	2,24	1,24	0	0

Таблица 7 - Индивидуальный пожарный риск на площадках

Наименование слоя	Число одновременн о находящихся людей	Число рискующих	Коеф. присутствия	Индивидуальн ый риск, 1/год
Площадка резервуара СУГ	2	2	0,04	$2,10 \cdot 10^{-9}$
Площадка слива	2	2	0,125	$6,49 \cdot 10^{-9}$
Площадка ТРК персонал	2	2	0,5	$2,3 \cdot 10^{-7}$
Площадка ТРК водитель	1	1	1	$4,5 \cdot 10^{-7}$
Итого по площадкам	$8,08 \cdot 10^{-8}$			

Индивидуальный пожарный риск на площадках (резервуара СУГ, слива, ТРК) $8,08 \times 10^{-8}$.

Для оценки величины социального пожарного риска в селитебной зоне вблизи заданного Объекта условно разбиваем примыкающие к ней территории на зоны:

A - зона радиусом от 44,5 до 68 м (зона АЗС);

B - зона, расположенная между границей зоны *A* и границей радиусом 82 м;

C - зона, расположенная между границей зоны *B* и границей радиусом 300 м;

Принимаем, что в зоне *A* максимальное количество людей составляет 40 человек, в зоне *B* - 30 человек, а в зоне *C* (при принятой плотности населения 4000 чел/км^2) - составляет 1024 человек. Результаты расчета ожидаемого числа погибших людей, необходимые для определения социального риска приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Среднее число погибших людей в селитебной зоне вблизи МАЗС

№ рассматр. сценария <i>j</i>	Частота реализации <i>j</i> -го сценария $Q_j, \text{год}^{-1}$	Условная вероятность поражения человека в селитебной зоне			Среднее число погибших людей в селитебной зоне вблизи Объекта в результате реализации <i>j</i> -го сценария $N_j, \text{чел.}$	Примечание
		В зоне <i>A</i> Q_{dAj}	В зоне <i>B</i> Q_{dBj}	В зоне <i>C</i> Q_{dCj}		
1	$1,59 \cdot 10^{-8}$	0,12	0,01	0	5	< 10
2	$3,98 \cdot 10^{-8}$	0,14	0,01	0	6	< 10
3	$5,17 \cdot 10^{-8}$	0,14	0,01	0	6	< 10
4	$3,17 \cdot 10^{-8}$	0,14	0,01	0	6	< 10
5	$1,42 \cdot 10^{-8}$	0,14	0,01	0	6	< 10
6	$7,50 \cdot 10^{-9}$	0,17	0,03	0	8	< 10
7	$3,10 \cdot 10^{-10}$	0,12	0,09	0	5	< 10
8	$1,99 \cdot 10^{-9}$	0,22	0,03	0	9	< 10
9	$4,98 \cdot 10^{-9}$	0,22	0,03	0	9	< 10
10	$6,46 \cdot 10^{-9}$	0,22	0,03	0	9	< 10

Продолжение таблицы 8

№ рассматр. сценария j	Частота реализации j-го сценария Q_j , год ⁻¹	Условная вероятность поражения человека в селитебной зоне			Среднее число погибших людей в селитебной зоне вблизи Объекта в результате реализации j-го сценария N_j , чел.	Примечание
		В зоне А Q_{dAj}	В зоне В Q_{dBj}	В зоне С Q_{dCj}		
11	$3,96 \cdot 10^{-9}$	0,22	0,03	0	9	< 10
12	$1,78 \cdot 10^{-9}$	0,22	0,03	0	9	< 10
13	$9,90 \cdot 10^{-10}$	0	0	0	0	< 10
14	$1,06 \cdot 10^{-9}$	0	0	0	0	< 10
15	$4,50 \cdot 10^{-7}$	0	0	0	0	< 10

Как видно из таблицы 8 среднее число погибших людей в селитебной зоне вблизи МАЗС в результате реализации указанных сценариев развития пожароопасных ситуаций менее 10 чел., следовательно, в соответствии с методикой, указанные сценарии при расчете величины социального пожарного риска для людей, находящихся в селитебной зоне вблизи МАЗС, не учитываются.

Таблица 9 – Индивидуальный пожарный риск на в селитебной зоне

Зона	Число одновременно находящихся людей	Число рискующих	Коэф. присутствия	Индивидуальный риск, 1/год
А	40	30	0,33	$8,89 \cdot 10^{-9}$
В	30	20	1	$2,36 \cdot 10^{-9}$
С	1024	1024	1	0

На рисунке 24 показаны полученные результаты на ситуационном плане.

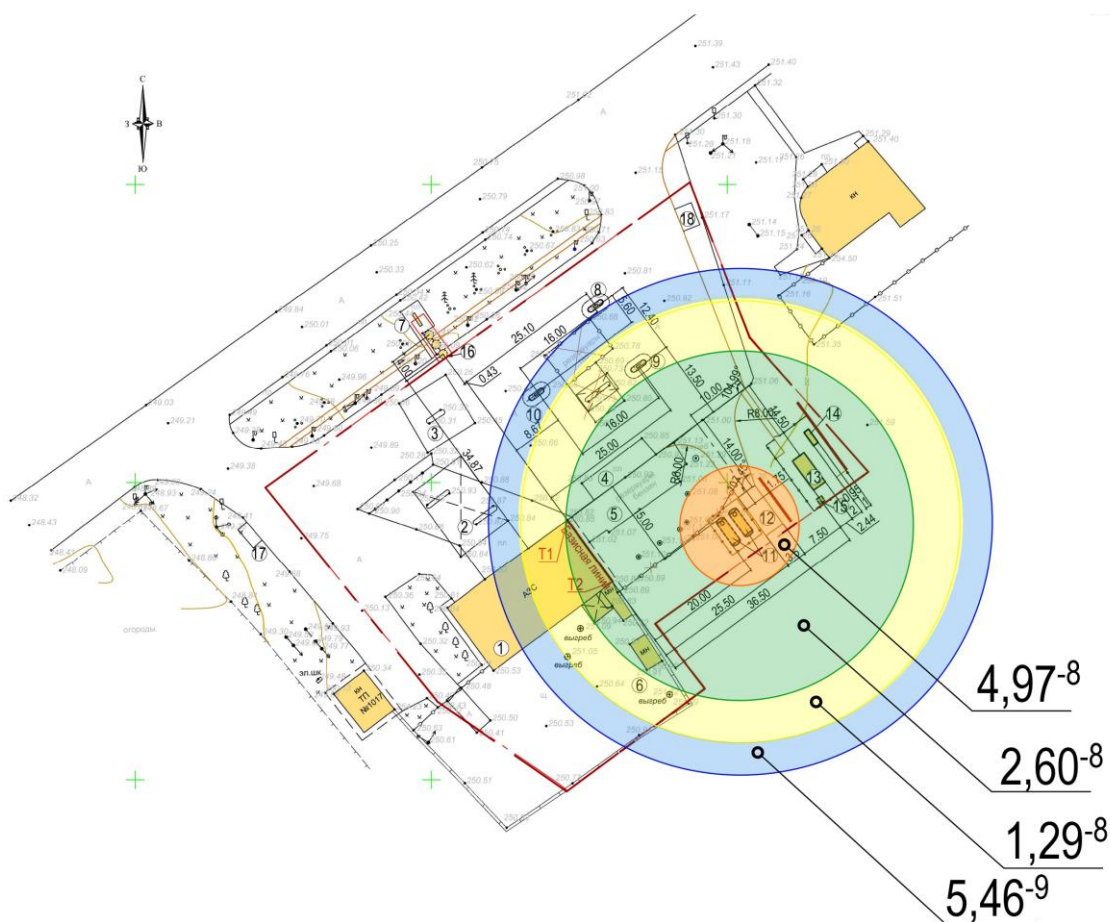


Рисунок 24 - Ситуационный план аварийных ситуаций на территории МАЗС в п. Прохоровка Белгородской области

Как видно из рисунка 24 в зону поражения не попадают объекты находящиеся за пределами территории МАЗС.

2.6.3.9 Обязательные дополнительные противопожарные мероприятия, которые обеспечивают нормативный показатель пожарного риска

Результаты расчетов рисков считаются корректными при выполнении действующих требований пожарной безопасности, а при отступлении от требований добровольного применения, при условии выполнения обязательных дополнительных мероприятий.

Перечень обязательных дополнительных противопожарных мероприятий, которые обеспечивают нормативный показатель пожарного риска для МАЗС в п. Прохоровка Белгородской области:

1) предусмотреть средства оповещения людей, находящихся на территории и в общественной зоне вблизи объекта, о пожаре - звуковое (тонируемый сигнал или др.)

2) организационные мероприятия:

- территорию (места) обращения СУГ обеспечить двукратным запасом ручных (передвижных) пожарных огнетушителей;
- заключить договор с аварийно-спасательным формированием, аттестованным в установленном порядке по проведению первоочередных аварийно-спасательных работ;
- обеспечить отсутствие во время слива (и нахождения автоцистерны на территории заправки) посетителей и их транспорта на территории МАЗС;
- обеспечить обязательное личное присутствие водителя АЦ СУГ на площадке слива до полного завершения операции по сливу [21].

3) предусмотреть систему катодной защиты для подземных резервуаров и трубопроводов, в которых обращаются ГГ (СУГ, метан);

4) предусмотреть установку защитных экранов на участке установки оборудования КПП с двух сторон согласно проекта.

Вывод по второму разделу

Предусмотренная система катодной защиты обеспечивает частоту разгерметизации не более 1×10^{-6} в год, стенок подземных резервуаров хранения СУГ и подземных трубопроводов СУГ и КПП, вследствие воздействия на них электрохимической коррозии. Она обеспечивает возможность безопасного перекрытия утечки СУГ и КПП из подземных резервуаров и трубопроводов, предотвращающего выход за территорию МАЗС газопаровоздушных смесей с концентрацией указанных паров более 20% от НКПР с частотой выше одной миллионной в год.

В результате проведенных расчетов по оценке уровня обеспечения безопасности людей от воздействия опасных факторов взрывов и пожаров на объекте «Автозаправочный комплекс в п. Прохоровка, ул. Первомайская 80 «а», Белгородской области», при условии выполнения обязательных дополнительных противопожарных мероприятий указанных в п. 2.6.3.9, установлено:

1) величина индивидуального пожарного риска в результате воздействия опасных факторов пожара на рассматриваемом объекте для людей, находящихся в общественно-деловой зоне вблизи объекта, не превышает одну миллионную в год при воздействии опасных факторов пожаров на людей в данной зоне, соответственно требование п.1 [26] выполняется.

2) величина социального пожарного риска воздействия опасных факторов пожара на рассматриваемом объекте для людей, находящихся в общественно-деловой зоне вблизи объекта, не превышает одну десятимиллионную в год при воздействии опасных факторов пожаров на людей в данной зоне, соответственно требование п.5 ст.93 [26] выполняется.

3 Управление пожарными рисками на объектах нефтепромышленного комплекса на примере многотопливной АЗС

Для обеспечения безопасности людей, защиты технологического оборудования и материальных средств от опасных факторов пожара (взрыва) на МАЗС необходимо выработать долгосрочную стратегию управления пожарной опасностью на объекте или иначе управление пожарными рисками.

К управлению пожарными рисками относится планирование и осуществление (внедрение) мероприятий, которые обеспечивают снижение значений пожарного риска до нормативного. Можно выделить следующие группы мероприятий:

- инженерные;
- технические;
- организационные.

Мероприятия должны обеспечить допустимый уровень пожарного риска при условии экономической и социальной целесообразности.

Для реализации мероприятий по управлению пожарными рискам, определяем, по каким причинам могут возникнуть пожары (взрывы) на МАЗС, с гибелью людей и значительным материальным ущербом.

Факторы, с которыми связаны риски возникновения пожаров и взрывов на многотопливных АЗС:

- степень огнестойкости зданий и сооружений;
- конструктивная опасность зданий и сооружений;
- взрывопожароопасность используемых веществ и материалов в конструкциях и отделке зданий и сооружений, а также в технологии;
- организация эксплуатации МАЗС;
- соблюдение техники безопасности и правил противопожарного режима, как персоналом, так и посетителями;

- наличие и работоспособность средства противопожарной защиты, (пожаротушения, сигнализации и т.д.);
- объёмно-планировочные решения, как в здании операторной, так и территории в целом, обеспечивающие своевременную эвакуацию людей в безопасную зону.

Для того, чтобы определить пожарную опасность МАЗС, и выстроить систему управления пожарными рисками, исследуем все приведенные выше факторы и рассмотрим их влияние.

3.1 Разработка инновационных инженерно-технических мероприятий для снижения уровня пожарного риска

При строительстве (реконструкции) и дальнейшей эксплуатации МАЗС необходимо соблюдать требования пожарной безопасности не только по пределу огнестойкости строительных конструкций, но и уделить внимание обращению с такими взрывопожароопасными и горючими веществами, как СУГ, КПП, ЛВЖ, горючие жидкости (масла).

Рассмотрим последовательность осуществления анализа пожарной безопасности существующей АЗС, на которой предусматривается реконструкция под МАЗС:

- проводим анализ пожарной опасности существующей технологической среды АЗС, параметров проходящих технологических процессов, связанных с ЖМТ и ее соответствие современным требованиям по пожарной безопасности;
- определяем перечень пожароопасных ситуаций и параметров для каждого технологического процесса;
- определяем причины, которые могут привести к взрывопожароопасной ситуации для каждого технологического процесса;

– составление возможных сценариев возникновения и развития пожаров, которые могут привести к гибели людей.

По результатам, на рассматриваемой МАЗС, определены 15 возможных сценариев аварий, которые учтены при выполнении расчета пожарных рисков.

Выделим 5 групп мероприятий по снижению пожаровзрывоопасности на работающей МАЗС:

– мероприятия, которые снижают вероятность истечения топлива из технологического оборудования МАЗС в окружающую среду;

– мероприятия, которые снижают вероятность возникновения источника возгорания и/или открытого пламени в технологическую систему;

– мероприятия, которые обеспечивают безопасную эвакуацию людей;

– мероприятия, ограничивающие последствия технологической аварии и снижающие вероятность ее развития по наихудшему сценарию;

– мероприятия, снижающие вероятность поражения людей на авариях, связанных с пожарами и взрывами.

Данные мероприятия могут применяться, как индивидуально, так и в зависимости от развития пожарной ситуации.

Мероприятия, снижающие вероятность истечения топлива из технологического оборудования МАЗС в окружающую среду:

– применение двустенных резервуаров и трубопроводов в технологических системах СУГ и КПП, как альтернатива в диссертации предложено техническое решение в виде катодной защиты подземных резервуаров и трубопроводов СУГ и КПП, оборудованные системами контроля за герметичностью резервуаров и трубопроводов, для обеспечения частоты разгерметизации стенок подземных резервуаров хранения СУГ и трубопроводов СУГ вследствие воздействия на них электрохимической коррозии не более $1 \cdot 10^{-6}$ в год;

- проведение испытаний на герметичность, существующего оборудования с ЖМТ, с привлечением аттестованных в установленном порядке организаций, с подготовкой заключения о их состоянии и рекомендациями по их использованию;
- устранение мест возможной разгерметизации оборудования, выявленных в ходе испытаний, до начала их эксплуатации;
- проведение сливноналивных операций только закрытым способом, с применением сертифицированных автоцистерн ЖМТ и СУГ;
- оборудование резервуаров системами сигнализации о наполнении при сливноналивных операциях (при их отсутствии);
- заполнение свободного объёма в замкнутых пространствах, куда может поступать топливо или его пары, негорючими (инертными) веществами и материалами.

Мероприятия, снижающие вероятность возникновения источника возгорания и/или открытого пламени в технологическую систему:

- выявление взрывоопасных зон в ходе пожарно-технического обследования существующей АЗС, определение данных зон в ходе проектирования для вновь устанавливаемого технологического оборудования с СУГ и КПП и соответственно использование только взрывозащищённого электрооборудования на территории АЗС в данных зонах;
- применение искробезопасных материалов при проведения любого вида работ на технологическом оборудовании АЗС (ремонтные, строительные, техническое обслуживание);
- установление на существующее и вновь устанавливаемое оборудование, системы защиты от статического электричества;
- обеспечение герметичности применяемого оборудования, в котором обращаются опасные вещества (ЖМТ, СУГ, КПП) путем проведения испытаний, в соответствии с требованиями нормативных документов, при сдаче в эксплуатацию и с заданной периодичностью;

- устройство молниезащиты, с учетом вновь устанавливаемого взрывопожароопасного оборудования СУГ и КПП, согласно выполненным расчетам в составе проектной документации.

- Мероприятия, обеспечивающие безопасную эвакуацию людей:

- определение необходимого количества и соответствующее исполнение эвакуационных путей и выходов из здания операторной и территории МАЗС (составление плана эвакуации из помещений операторной и территории МАЗС в целом);

- обеспечение бесперебойного движения персонала МАЗС и посетителей по эвакуационным путям и выходам в случае возникновения взрывопожарной ситуации, путем строго и постоянного контроля за путями эвакуации (запрета остановки автомобилей на путях эвакуации, не допущении их загромождения и т.д.);

- организация оповещения об эвакуации и управление движением людей по эвакуационным путям, как внутри здания, так и по территории (световые указатели и звуковое и голосовое оповещение), а при необходимости и рядом расположенных объектов (на рассматриваемой МАЗС в п. Прохоровка предусмотрено оповещение посетителей кафе), данные мероприятия планируются на стадии проекта.

Безопасная эвакуация людей с территории МАЗС в случае аварии, пожара или ЧС будет считаться обеспеченной, если интервал времени, который должен пройти с момента обнаружения пожара или взрыва до момента полного вывода находящихся на АЗС людей в безопасную зону не превышает времени, необходимое для эвакуации.

Мероприятия, ограничивающие последствия технологической аварии и снижение вероятности ее развития по наихудшему сценарию:

- ограничение количественных показателей по возможным утечкам опасных веществ (минимизация мест стыков, применение открытой прокладки трубопроводов и т.д.);

- снижение интенсивности испарения проливов бензина и дизельного топлива (ограничение возможной площади разлива, применение автоматически отключающего подачу топлива оборудования, применение сорбентов или песка по локализации аварийных розливов);

- снижение вероятности образования взрывоопасного объёма в закрытых пространствах и помещениях, а также на открытых площадках, путем снижения их количества и свободного объема пространств. Данные мероприятия определяются на стадии проектирования и контролируются входе строительства и дальнейшей эксплуатации;

- понижение вероятности возникновения взрывов резервуаров и оборудования с горючими веществами, расположенными в зоне пожара, путем применения средств пожаротушения (орошение водой);

- снижение вероятности неблагоприятного развития аварии, путем строго контроля за действиями персонала, их своевременное обучения и проведения тренировок и учений, в том числе и с привлечением специалистов пожарной охраны, а также проведение технического обслуживания в соответствии с технической документацией на оборудование.

Мероприятия, снижающие вероятность поражения людей на авариях, связанных с пожарами и взрывами:

- размещение технологических систем МАЗС с учётом их особенностей, по отношению к местам возможного появления людей (оборудование площадок высадки и посадки пассажиров, применение ограждений резервуарного парка СУГ и контейнера КПП, осуществление контроля со стороны персонала за посетителями МАЗС);

- применение мероприятий по ограничению количества людей на МАЗС, которые могут попасть в зону их поражения, т.е. исключить заправку транспортных средств СУГ и КПП, с находящимися в них пассажирами, не осуществлять заправку автомобилей при осуществлении слива СУГ с

автоцистерны, а также при проведении ремонтных и регламентных работ, и технического обслуживания оборудования;

– применение защитных экранов. На рассматриваемой МАЗС применен соответствующий примеру, приведенному в п. 8.16 [21], защитный экран. Экран изготавливается из железобетона толщиной 400 мм. Монолитный ростверк под защитный экран выполняется из бетона класса В 20, F150, W4 по подготовке из бетона класса В7,5 толщиной 100 мм. Монолитный железобетонный защитный экран выполняется из бетона класса В20, F150, W4. Армирование ростверка и защитного экрана предусмотрено отдельными стержнями арматуры класса А500С по ГОСТ Р 52544-2006. Защитный слой бетона до оси арматуры 60 мм. Несущие конструкции экрана имеют предел огнестойкости не менее R45. Габариты экрана (ширина 14,400 м и высота 3,300 м) превышают габариты оборудования, для которого этот экран предусматривается, не менее чем на 0,5 м во все стороны.

Предусмотренные инженерно-технические мероприятия на рассматриваемой МАЗС в п. Прохоровка позволили достигнуть необходимого уровня обеспечения пожарной безопасности, которая подтверждена результатами расчетов пожарных рисков:

3.2 Оценка влияния разработанных инженерно-технических мероприятий на уровень пожарного риска

Для обеспечения допустимого значения уровня пожарного риска (не более одной миллионной в год) в диссертации рассмотрено выполнение следующих инженерно-технических и организационных мероприятий:

1) Инженерно-технические мероприятия:

- предусмотрены средства оповещения людей не ниже III типа, находящихся на территории и в общественной зоне вблизи объекта, о пожаре (звуковое в виде тонированного сигнала и голосовое оповещение), что позволило уменьшить время начала эвакуации людей в безопасную зону и тем самым обеспечить их безопасность от возможных аварий и пожаров и достижения вероятности эвакуации 0,999;
- обеспечена техническая надежность элементов системы оповещения людей о пожаре и управлением эвакуации людей, при которой вероятность эффективного срабатывания системы СОУЭ, $R_{\text{соуэ}} = 0,98$, согласно технической документации на оборудование, что обеспечивает своевременное начало эвакуации с установленной вероятностью не менее одной миллионной в год;
- обеспечено устройство автоматической пожарной сигнализации и обеспечение технической надежности элементов пожарной сигнализации, при которой вероятность эффективного срабатывания системы пожарной сигнализации, $R_{\text{обн}} = 0,98$, согласно технической документации на оборудование, что обеспечивает своевременное обнаружение пожара и выдачи сигналов на систему оповещения с установленной вероятностью не менее одной миллионной в год;
- предусмотрена работоспособность систем противоаварийной защиты (датчики до взрывных концентраций, систему катодной

защиты и т.д.) с установленной вероятностью не менее одной миллионной в год;

- обеспечено свободное открывания дверей на путях эвакуации и по направлению выхода из здания операторной, отсутствие внутренних запоров на дверях эвакуационных выходов, которые обеспечивают людям, находящимся внутри здания, возможность свободного открывания дверей изнутри без ключа, что позволяет исключить создание заторов при выходе из здания в ходе эвакуации;
- сохранение ширины эвакуационных путей и проходов в операторной после расстановки торгового и другого оборудования, которое обеспечивает беспрепятственное движение эвакуируемых и сохранение скорости эвакуации согласно показателей, определенных в нормативных документах [17];
- не превышение установленной пожарной нагрузки в проекте и учитываемое при расчете пожарных рисков, как для помещений, так и на территории, что снижает скорость распространения пожара [30, 31];
- устройство противопожарных и газодымопроницаемых дверей с устройствами для самозакрывания в пожароопасных помещениях (кладовые, электрощитовая, серверная и т.д.), что позволяет ограничить распространение пожара в пределах помещения.

2) Организационные мероприятия:

- обеспечить одновременное нахождение в здании операторной не более 30 человек, что проверено расчетом пожарных рисков и обусловлено площадью помещения;
- территорию (места) обращения СУГ обеспечить двукратным запасом ручных (передвижных) пожарных огнетушителей, согласно приложению № 1 Правил противопожарного режима в

Российской Федерации, что повышает вероятность своевременного тушения пожара [20];

- заключить договор с аварийно-спасательным формированием, аттестованным в установленном порядке по проведению первоочередных аварийно-спасательных работ для своевременного и гарантированного прибытия в случае возникновения аварий и ликвидации ее последствий;
- обеспечить безукоснительное выполнение операций по сливу СУГ, которые снижают вероятность создания аварийных ситуаций с наиболее опасным веществом, для чего исключить присутствие во время слива (СУГ) и нахождении автоцистерны на территории МАЗС, посетителей и их транспорта на территории, при обязательном личном присутствии водителя АЦ СУГ на площадке слива до полного завершения операции по сливу.

При проведении ремонтных работ запрещается применение материалов и конструкций, не имеющих соответствующих сертификатов, а также имеющих предел огнестойкости и класс пожарной опасности ниже нормируемых. Строительные конструкции и материалы должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов.

Предложенные мероприятия в целом позволяют снизить вероятность, как возникновения аварий и пожаров, так и обеспечить нормативную вероятность воздействия поражающих факторов на людей.

Вывод по третьему разделу

Разработанные инженерно-технические мероприятия для снижения уровня пожарного риска позволяют определить последовательность действий ответственных должностных лиц и на основании этого разработать необходимые планы работ по обеспечению безопасной эксплуатации МАЗС, планов мероприятий по предупреждению ликвидации инцидентов и аварийных ситуаций на МАЗС, а также должностные инструкции персонала, как в повседневной деятельности, так и в случае угроза или возникновении аварий. Данные мероприятия учитывают технические решения по применению системы катодной защиты и защитных экранов, как в перспективе типовых решений для реконструируемых МАЗС.

Выполненная оценка влияния разработанных инженерно-технических и организационных мероприятий на уровень пожарного риска позволяет сконцентрировать внимание на наиболее необходимых первоочередных действиях по обеспечению безопасной эксплуатации объекта, как собственников, так и персонала МАЗС. Предложенные инженерно-технические мероприятия, с учетом выполнения расчетов пожарных рисков, показывают снижение финансовых затрат на их выполнения ориентировочно в 1,5 раза.

Заключение

В диссертационной работе разработаны технические решения, модели и методы, позволяющие реализовать задачу, касающуюся управления пожарными рисками на реконструируемых АЗС под многотопливные АЗС.

На основании выполненных исследований получены следующие практические результаты:

1) анализ существующих нормативных требований пожарной безопасности к минимальным расстояниям от АГНКС и АГЗС, выполненных как самостоятельные участки многотопливной АЗС, как на территории МАЗС, так и до объектов, к ним не относящихся, позволяет сокращать противопожарные расстояния, на основе расчета пожарных рисков и применения защитных экранов;

2) разработанное техническое решение по применению системы катодной защиты для подземных трубопроводов СУГ и КПП, а также резервуаров хранения СУГ на основе риск-ориентированного подхода, учитывающего значения пожарных рисков и экономической эффективности предлагаемых мероприятий, позволяет снизить расходы на оборудование для технологического блока СУГ до 40%, для трубопроводов КПП на 50%;

3) в результате проведенных расчетов по оценке уровня обеспечения безопасности людей от воздействия опасных факторов взрывов и пожаров на МАЗС по адресу: п. Прохоровка, ул. Первомайская, 80А, с учетом выполнения дополнительных противопожарных мероприятий, установлено соответствие требованиям статьи 93 и 93.1 [26] и п. 9.1 [21]. Примененные методика и расчетные модели позволяют принимать оптимальные решения, учитывающие плотность существующей застройки, при обеспечении нормативной безопасности людей, как на территории МАЗС, так и на прилегающей территории [15];

4) по результатам анализа факторов, влияющих на величину риска для МАЗС, и разработка обоснованных способов его снижения на примере

МАЗС в п. Прохоровка, которую можно принять как типовую, разработаны мероприятия, позволяющие эффективно формулировать задачи должностным лицам, ответственных за пожарную безопасность, по управлению пожарной безопасностью на аналогичных объектах;

5) определены эффективные и оптимальные технические решения и мероприятия (способы) по снижению пожарного риска на типовых МАЗС при плотной существующей застройке.

Реализация полученных в диссертационной работе результатов позволит обеспечить решение важной задачи, это управление пожарной безопасностью реконструируемых АЗС под МАЗС с использованием риск-ориентированного подхода.

В ходе эксплуатации объекта необходимо предусмотреть контроль со стороны государственных надзорных органов за содержанием и исправностью строительных конструкций, проведением планово-предупредительных ремонтов конструкций здания и оборудования в установленные сроки, а также за обеспечением пожарной безопасности. Допускается привлекать независимые аккредитованные МЧС РФ организации для проведения аудита пожарной безопасности.

Список используемых источников

1. Баратов А. Н. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения [Текст]: справ. изд.: в 2 книгах / А. Н. Баратов, А. Я. Корольченко, Г. Н. Кравчук и др. – М.: Химия, 1990. – 496 с.
2. Болодьян И. А., Шебеко Ю. П., Малкин В. Л., Гордиенко Д. М., Смолин И. М., Колосов В. А., Смирнов Е. В. Обеспечение пожаровзрывобезопасности многотопливных автозаправочных станций. // Автозаправочный комплекс. 2001. № 2. С. 42-47.
3. Болодьян И.А., Молчанов В.П., Дешевых Ю.И., Шебеко Ю.Н., Некрасов В.П., Макеев В.И., Смолин И.М., Пономарев А.А., Карпов В.Л., Гордиенко Д.М. Пожаровзрывобезопасность объектов хранения сжиженного природного газа. Процессы испарения и формирования пожаровзрывоопасных облаков при проливе жидкого метана. Методики оценки параметров. // Пожарная безопасность. 2000. № 4. с. 108 – 121. URL: <http://npirf.ru/wp-content/uploads/2019/09/Сборник-статей.pdf> (дата обращения: 18.03.2021).
4. Борушко О.В. Оценка последствий аварий на автозаправочных станциях. URL: <http://www.techros.ru/text/2579> (дата обращения 17.12.2020).
5. Быкова М.Б. Выполнение и оформление выпускных квалификационных работ: М.Б. Быкова, Ж.А. Гореева, Н.С. Козлова, Д.А. Подгорный. - Электрон.дан. - Москва: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2017. 76 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/105282>. (дата обращения: 15.12.2020).
6. Величко Ю.В. Целесообразность и необходимость создания автомобильных газонаполнительных компрессорных станций и автомобильных газозаправочных станций на базе существующих автозаправочных станций // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ». № 3 (36) Том 1 МАРТ 2021 г URL: <https://xn----8sbemprclwd3bmt.xn--p1ai/archiv/journal-3-36-1.pdf> (дата обращения 11.03.2021).

7. Галеев А. Д. Анализ риска аварий на опасных производственных объектах: учебное пособие / А. Д. Галеев, С. И. Поникаров; Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. - Казань: Изд-во КНИТУ, 2017. 152 с. URL: <http://www.kstu.ru/servlet/contentblob?id=147513> (дата обращения 09.12.2020).

8. Горина Л.Н Производственная практика «научно-исследовательская работа» по направлению подготовки магистров «Техносферная безопасность»: учеб. - методическое пособие. - Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. 33 с.

9. ГОСТ 12.1.004-91. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования. (с Изменением № 1): утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 14.06.91 № 875. URL: <http://docs.cntd.ru/document/9051953> (дата обращения 17.12.2020).

10. ГОСТ 8732-78. Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Сортамент (с Изменениями N 1, 2): утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 22.03.78 N 757. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-8732-78> (дата обращения 10.02.2021).

11. ГОСТ Р 51164-98. Трубопроводы стальные магистральные. Общие требования к защите от коррозии: утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 23 апреля 1998 г. N 144. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51164-98> (дата обращения 10.02.2021).

12. ГОСТ 9.602-2016 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Сооружения подземные. Общие требования к защите от коррозии: принят Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 31 августа 2016 г. N 90). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200140210> (дата обращения 10.02.2021).

13. Карпов В.Л. Пожарная опасность аварийных выбросов горючих газов: диссертация доктора технических наук 05.26.03: защищена 30.09.2004:

утв. 28.01.2005/ Карпов Вадим Леонидович, - Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства РФ по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий - Москва, 2004 - 331 с.

14. Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения: справочник / Корольченко А. Я., Корольченко Д. А. - В 2-х ч. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Асс. "Пожнаука", 2004. — Ч. I. — 713 с.; Ч. 2. — 774 с.

15. Мартынова, Д.Ю. Оценка вероятности воздействия поражающих факторов в условиях аварии на автозаправочных станциях / Д.Ю. Мартынова, Е.А. Белявский // Технологии и качество. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=35526235> (дата обращения 10.02.2021).

16. Матвеев И.В., Рубцов В.В., Подольская М.А. Статистика пожаров на объектах добычи, хранения, подготовки и транспортировки газа с 2014 по 2018 гг. в Российской Федерации: Научно-образовательный журнал «Образование и наука в России и за рубежом». 2019. №15. URL: <https://www.gyrnal.ru/statyi/ru/1812/> (дата обращения 17.12.2020).

17. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах: приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 (Документ с изменениями, внесенными: приказом МЧС России от 14 декабря 2010 года № 649). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902170886> (дата обращения 17.12.2020).

18. Оценка риска аварий и пожаров на газонаполнительной станции. (По материалам публикации в журнале «Безопасность труда в промышленности», 2001. №8. Гражданкин А.И., Лисанов М.В., Лыков С.М., Печеркин А.С., Сумской С.И.) 2018. №1. С.48-50.

19. О пожарной безопасности: Федеральный закон от 21.12.1994 № 69 (ред. от 26.07.2019). URL: <http://rulaws.ru/laws/Federalnyy-zakon-ot-21.12.1994-N-69-FZ/> (дата обращения: 08.12.2020).

20. Правила противопожарного режима в Российской Федерации: утверждены постановлением Правительства Российской Федерации от 16 сентября 2020 г. № 1479. URL: <https://38.mchs.gov.ru/deyatelnost/press-centr/novosti/4333744> (дата обращения 10.02.2021).

21. СП 156.13130.2014 Станции автомобильные заправочные. Требования пожарной безопасности: Свод Правил / приказ МЧС России от 05.05.2014 № 221 URL: <https://www.mchs.gov.ru/dokumenty/svody-pravil/527> (дата обращения 16.12.2020).

22. СТО Газпром 2-2.3-351-2009 Методические указания по проведению анализа риска для опасных производственных объектов газотранспортных предприятий ОАО "Газпром". URL: <https://pozhpromekt.ru/nsis/Rd/sto/sto-gazprom/sto-2-2.3-351-2009/1.pdf> (дата обращения 10.02.2021).

23. СТО Газпром 9.2-003-2009. Защита от коррозии. Проектирование электрохимической защиты подземных сооружений: утвержден Распоряжением ОАО «Газпром» от 4.05.2009 №114. URL: <http://ngee.ru/lib-gaz?category=192&view=object&type=12&id=500> (дата обращения 10.02.2021).

24. Терехнев В.В. Справочник руководителя тушения пожара: справочное пособие. М.: Пожкнига, 2004. 248с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/psgp/spravochnik-RTP.pdf> (дата обращения 10.02.2021).

25. Технический регламент о безопасности сетей газораспределения и газопотребления (в редакции, актуальной с 27 декабря 2018 г, с изменениями и дополнениями, внесенными в текст, согласно постановлениям Правительства РФ: от 23.06.2011 г. № 497, от 20.01.2017 г. № 42, от 14.12.2018 г. № 1560). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902243701> (дата обращения 10.02.2021).

26. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22.07.2008 № 123-ФЗ (ред. от 27.12.2018). URL:

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_78699/ (дата обращения: 17.12.2020).

27. Федотов С.Б. Детализация классификации чрезвычайных ситуаций / С.Б. Федотов, А.М. Бурмакин // Научные и образовательные проблемы гражданской защиты. 2010. № 2. С.83-86.

28. Шкрабак, В.С. Обеспечение пожарной безопасности АЗС посредством применения мобильной противопожарной преграды / В.С. Шкрабак, Т.В.Панова, С.А. Усанович // Аграрный научный журнал, 2015. № 11. С.55-57.

29. Buchanan, A.H. Structural Design for Fire Safety [Текст] / А.Н. Buchanan. -2nd ed. - Wiley, New York, 2001. - 438 p.

30. International Fire Engineering Guidelines [Текст]. - Место издания: Australian Government, State and Territories of Australia, 2005. - 415 p. ISBN 1741 614 562.

31.Vytenis Babrauskas, Ph. D. Ignition Handbook. Principles and applications to fire safety engineering, fire investigation, risk management and forensic science, 2003. 1116 p. ISBN - 0-9728111-3-3, 2003. 1116 p. ISBN -0-9728111-3-3).

32. ISO/TR 13387-1:1999(E). Fire safety engineering - Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives. 60 p. (ISO/TR 13387-1:1999(E).

33. BSI PD 7974-7-2003. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings - Part 7: Probabilistic risk assessment [Текст]. - Место издания: FSH/24, Firesafety engineering, to Subcommittee FSH/24/7, 2003- 88 p.