

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Управление промышленной безопасностью, охраной труда и окружающей среды в  
нефтегазовом и химических комплексах

(направленность(профиль))

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

на тему: «Обеспечение экологической безопасности в организации нефтегазовой отрасли. Инновационные технологии и применение факельных систем. Безопасное устройство и эксплуатация факельных систем»

Студент

Е. Н. Выборнов

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный  
руководитель

канд. биол. наук, доцент, Н. Ю. Мичурина

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

Тольятти 2022

## Содержание

Введение.....	4
Термины и определения .....	9
Перечень сокращений и обозначений.....	11
1 Экологическая безопасность организации в нефтегазовой отрасли.....	12
1.1 Характеристика нефтегазовой отрасли.....	12
1.2 Значение экологии в нефтегазовой отрасли .....	13
1.3 Проблемы экологической безопасности в нефтегазовой отрасли.....	14
1.4 Рейтинг нефтегазовых компаний.....	15
1.5 Эколого-правовое регулирование проблем в нефтегазовой отрасли .....	18
2 Обеспечение безопасности при эксплуатации факельных систем .....	25
2.1 Понятие факельных систем. Основы классификации и конструкция основных элементов системы .....	25
2.2 Методы безопасной эксплуатации факельных систем.....	37
2.2.1 Метод продувки инертными газами.....	39
2.2.2 Процесс продувки факельных труб.....	41
2.2.3 Применение огнепреградителей на факельных линиях.....	43
2.2.4 Применение водяных предохранительных затворов и гидрозатворов.	45
2.2.5 Приборы контроля наличия пламени.....	46
2.2.6 Системы подавления взрыва .....	57
2.2.7 Применение лабиринтных уплотнителей.....	59
3 Внедрение метода обеспечения безопасной эксплуатации с использованием струйного затвора на примере ФЛ «САХАЛИН ЭНЕРДЖИ ИНВЕСТМЕНТ КОМПАНИ ЛТД» .....	63

3.1 Анализ системы факела высокого и низкого давления, сброса давления и закрытой дренажной системы.....	63
3.2 Описание систем факела высокого и низкого давления, сброса давления и закрытой дренажной системы .....	65
3.2.1 Система факелаВД.....	65
3.2.2 Система факелаНД.....	66
3.2.3 Закрытая дренажная система .....	67
3.2.4 Панель зажигания факела и управления.....	68
3.3 Описание процесса системы факела высокого и низкого давления, сброса давления и закрытой дренажной системы .....	69
3.3.1 Система факелаВД.....	69
3.3.2 Система факелаНД.....	72
3.3.3 Панель зажигания и управления LP-6203.....	76
3.3.4 Закрытая дренажная система .....	77
3.4 Анализ и оценка эффективности использования факельного оголовка со струйным затвором для повышения безопасности при эксплуатации факельной установки .....	79
Заключение .....	85
Список используемых источников.....	87

## Введение

Актуальность и научная значимость данного исследования заключается в том, что самочувствие природы, которая нас окружает, рассматривается одной из наиболее острых проблем, прямо или косвенно затрагивающих интересы каждого предприятия и сотрудника. В нефтегазовой организации преобразуется, а также применяет огромное число горючих и взрывоопасных элементов. Промышленный рост, а также внезапное повышение части сырья, применяемого в промышленном изготовлении, повергли к выбросу в атмосферу значительного числа вредоносных взрывоопасных и отравляющих элементов. Факельные конструкции считаются важной частью главных средств пожарной, а также взрывозащиты и охраны находящейся вокруг среды и стремительно используется на множестве промышленных предприятиях, подобных как нефтехимическое, нефтегазовое и другие.

Сжигание сбросных газов на факельных конструкциях дает возможность избежать засорение находящейся вокруг среды ядовитыми, горючими материалами, которые потом перерабатываются в сравнительно экологически безвредные продукты.

Безобидное использование факельных конструкций считается существенным вопросом. Эта деятельность велась в отношении увеличения прочности источников возгорания, а также уменьшения воздействия изготовления в находящуюся вокруг среду. Нереально найти решение всех без исключения трудностей при отсутствии осмысления, а также соответственного отображения природоохранной защищенности и модернизации факельных конструкций, образующихся при сжигании сбросных газов на факельных конструкциях. В связи с этим особую актуальность занимает данная научная исследовательская работа.

Объект исследования: нефтегазовая организация, осуществляющая добычу, сбор, подготовку, переработку нефти и сжиженного природного газа.

Предмет исследования: совершенствование факельной системы для повышения экологической безопасности.

Цель исследования: анализ экологической безопасности на нефтегазовом производстве, совершенствование факельной системы для повышения экологической безопасности и разработка инновационных технологий для применения факельных систем для безопасной эксплуатации.

Гипотеза исследования – эксплуатация факельных систем уменьшает угрозу загрязнения окружающей среды и увеличивает безопасность нефтегазового комплекса.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- рассмотреть понятие экологической безопасности, соответственно, значение, проблемы и эколого-правовое регулирование проблем;
- оценить потенциальные опасности факельных установок, существующих в нефтегазовой отрасли;
- проанализировать тенденцию ведения контроля экологической безопасности и методы безопасного производства факельной системы в ФЛ «САХАЛИН ЭНЕРДЖИ ИНВЕСТМЕНТ КОМПАНИ ЛТД»;
- создать, а также ввести мероприятия согласно предупреждению и уничтожению факторов влияния факельной конструкции на природоохранную надежность;
- рекомендовать способы улучшения факельных систем в нефтегазовой отрасли.

Теоретическая и методологическая база исследования: создатель изучения устремился к полезным идеям, предложениям и советам, образовавшимся из материала, что обсуждался и дискуссировался в академической литературе, а также журналах в минувшие годы.

Основой для данной работы стали: ГОСТ Р. 53681-2009 «Детали факельных устройств для общих работ на нефтеперерабатывающих

предприятиях» от 01.01.2011. СП 4.13130.2013 «Системы противопожарной защиты. Ограничение пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям» от 01.01.2020. ФЗ №7 «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002. ФЗ № 69 «О пожарной безопасности» от 21.12.1994. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 22 декабря 2021 г. № 450 «Об утверждении Руководства по безопасности факельных систем».

Методы исследования: теоретические методы (исследование нормативно-технических бумаг, законодательных актов), сравнительный анализ, структурирование.

Опытно-экспериментальная база: ФЛ «САХАЛИН ЭНЕРДЖИ ИНВЕСТМЕНТ КОМПАНИ ЛТД, Объект – Объединенный береговой технологический комплекс, в разработке принимали участия несколько отделов: отдел охраны труда и промышленной безопасности, отдел планового ремонта и отдел эксплуатации, в общей сложности 36 человек.

Способ экспериментального изучения, при котором ведется анкетирование работников на базе мониторинга объекта исследования, контроля над соблюдением организацией нормативных актов компании, а также локальных требований.

Научное новшество состоит в создании организационных ценностей, ключевых компонентов и направлений работы интегрированной концепции управления промышленной защищенностью, охраной деятельности, а также находящейся вокруг средой, которая способна в то же время включать области систем качества безопасности производственной работы, экологического менеджмента и сокращение нагрузки факельных конструкций, в том числе компоненты управления энергопотреблением.

Теоретическая значимость исследования заключается в: том, что результаты исследования, мероприятия, а также советы согласно уменьшению воздействия обнаруженных возможных угроз и рисков имеют все шансы быть применены в нефтегазовой деятельности в перспективе.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования полученных сведений изучения людьми, уполномоченными по промышленной безопасности на производстве с целью улучшения экологической безопасности и безопасной эксплуатации факельных систем на производстве.

Достоверность и аргументированность итогов изучения поддерживаются путем использования требуемых операций, а также результатов изучений высшему руководству нефтегазовых учреждений. Кроме того, выводы были представлены рабочей команде компании.

Личное участие автора соответствует приказу ФЛ «САХАЛИН ЭНЕРДЖИ ИНВЕСТМЕНТ КОМПАНИ ЛТД» в организации и проведении исследования по обеспечению экологической безопасности и совершенствованию факельной установки в качестве специалиста по ОТ и ПБ.

Апробация и внедрение результатов работы осуществлялись на протяжении всего периода проведения исследования, полученные итоги были озвучены на нижеперечисленных конференциях:

- профессиональные встречи раз в квартал с начальником отдела охраны труда и промышленной безопасности ФЛ «САХАЛИН ЭНЕРДЖИ ИНВЕСТМЕНТ КОМПАНИ ЛТД»;
- ежемесячные рабочие собрания с персоналом отдела охраны труда и промышленной безопасности ФЛ «САХАЛИН ЭНЕРДЖИ ИНВЕСТМЕНТ КОМПАНИ ЛТД».

На защиту выносятся: характеристика способов и возможностей становления факельной системы ФЛ «САХАЛИН ЭНЕРДЖИ ИНВЕСТМЕНТ КОМПАНИ ЛТД», сформированной в обстоятельствах практических мероприятий и принципов безопасного и экологичного использования.

Структура магистерской диссертации. Работа состоит из введения, основных трёх разделов, заключения с выводами по всей работе. Текст

изложен на 89 страницах, содержит 9 рисунков. Список использованной литературы включает 42 наименований.

Итоги данного исследования имеют все шансы быть использованы с целью модернизации целой факельной концепции, но кроме того при изменении единичных полезных отличительных черт объекта ОБТК, принадлежащий компании ФЛ «САХАЛИН ЭНЕРДЖИ ИНВЕСТМЕНТ КОМПАНИ ЛТД».



## Термины и определения

В настоящем исследовании используются следующие термины с их определениями:

Авария — разрушение сооружений и (или) технических устройств, применяемых на опасном производственном объекте, неконтролируемые взрыв и (или) выброс опасных веществ.

Безопасная эксплуатация — условия, а также принципы при исследовании и осуществлении рабочих действий.

Безопасность — свобода от неприемлемого риска нанесения вреда.

Дежурная горелка — горелка, что горит непрерывно в период осуществления деятельности агрегата, самостоятельно от основной (главной) горелки.

Идентификация опасности — процедура оценки, а также описания рисков и угроз.

Опасность — причина либо обстановка, которые имеют все шансы причинить вред самочувствию лица, имуществу или находящемуся вокруг миру.

Охрана труда — система правовых, социально-экономических, организационных, технических, санитарно-гигиенических и лечебно-профилактических мероприятий и средств, обеспечивающих безопасность, сохранение здоровья и работоспособность человека в процессе труда.

Охрана труда (на производстве) — система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности.

Смесь газов — сочетание некоторых газов, которые при данных обстоятельствах никак не оказывают большое влияние между собой.

Ствол факела — главная несущая система, которая в большинстве случаев содержит в себе полезные компоненты, подобные как лестницы, а также площадки с целью обслуживания. Ствол объединен с трубой, что собирает газов факела.

Техника безопасности — система организационных и технических мероприятий и средств, предотвращающих воздействие на работающих опасных производственных факторов.

Техническое спецоборудование, используемое в небезопасных производственных объектах — машины, технологическое оборудование, системы машин и (или) оборудования, агрегаты, аппаратура, механизмы, применяемые при эксплуатации ОПО.

Факельная система — концепция, содержащая факельные конструкции, исполняющие выброс, а также дальнейшее выжигание горючих газов и паров.

Факельная установка — конструкция, предназначенная для сжигания горючих газов, а также паров.

Экологическая безопасность — разрешенные степени воздействия отрицательного влияния на находящуюся вокруг среду, а также человеческого фактора экологической опасности.

## Перечень сокращений и обозначений

В настоящей работе применяются следующие сокращения и обозначения:

ГОСТ – государственный стандарт;

ОБТК – Объединенный береговой технологический комплекс;

ОТ – охрана труда;

ОТОС – охрана труда и окружающей среды;

ОПО – опасный производственный объект;

ОС – окружающая среда;

ПБ – промышленная безопасность;

ПЗ – профессиональное заболевание;

ПДК – предельно допустимая концентрация;

СИЗ - средства индивидуальной защиты;

СОУТ – специальная оценка условий труда;

ТБ - техника безопасности;

УФД – ультрафиолетовый датчик;

ФДЧ – фоторезисторный фотодатчик;

ФС – факельная система;

ФУ – факельная установка;

ЭБ – экологическая безопасность;

ЭДС пламени – электродвижущая сила пламени.

# **1 Экологическая безопасность организации в нефтегазовой отрасли**

## **1.1 Характеристика нефтегазовой отрасли**

Нефтегазовая промышленность, наряду с добычей золота и полезных ископаемых считается одной из наиболее экологически опасных отраслей экономики. Она характеризуется большой способностью к загрязнению, большим риском пожаров и взрывов на промышленных предприятиях.

Химические вещества, которые используются при добыче нефти и газа, а ещё добываемые углеводороды и примеси к ним считаются вредными для человека и природы веществами.

В вопросах защиты и охраны окружающей среды есть два взгляда. Первое мнение говорит о том, что необходимо сократить воздействие на природу, так как современные методы промышленности могут нанести существенный вред окружающей среде. Второе мнение говорит о том, что окружающая среда может восстанавливаться самостоятельно, поэтому нет необходимости тратить большое количество ресурсов на охранную и восстановительную деятельность.

Также существует еще один взгляд. Заниматься производственной деятельностью, минимизировать отрицательные последствия, в кратчайшие сроки максимально восстанавливая нарушенные земли и территории, не допуская критических ситуаций можно, рационально используя природные ресурсы, что станет компромиссом меж необходимостью антропогенной деятельности и соответствующим состоянием окружающей природы.

Эффективная реализация любого компромисса может осуществиться только путем установления и реализации ограничительных мер, определяющих содержание, условия управления природными ресурсами и экологическую безопасность принимаемых решений.

Нефтегазовая отрасль РФ играет весомую роль не только в финансовом развитии государства, но и на мировом энергетическом рынке. Добыча нефти

и газа – наиболее конкурентоспособные ветви государственной экономики с точки зрения интеграции страны в систему мирохозяйственных связей. Углеводороды являются одними из главных экспортных продуктов РФ. Быстрый подъём добычи нефти и ее масштабное экспортирование многие годы практически обеспечивал функционирование, становление и развитие менее доходных разделов экономики страны.

Нефтегазовая отрасль в РФ в текущих реалиях представлена вертикально- интегрированными организациями, а ещё и автономными нефтяными компаниями: средними и мелкими. На начало 2021 г. добычу нефти в РФ осуществляли 325 компаний, из них 145 входят в состав вертикально-интегрированных нефтегазовых корпораций, а ещё 177 независимых нефтегазодобывающих компаний.

Три группы взаимосвязанных экологических проблем являются особо животрепещущими для современной добычи нефти и газа:

- предотвращение загрязнения окружающей среды;
- истощение запасов углеводородов и восполнение их за счет разработки и открытия новых нефтегазовых месторождений;
- сохранение природных экосистем.

Все проблемы окружающей среды рассматриваются на уровне отраслевого законодательства. Одна из трудных и многогранных проблем защиты природной среды является предотвращение загрязнения природы нефтью и ее компонентами. Нефть является наиболее опасным загрязнителем по широте распространения, численности загрязняющих источников, величине нагрузки на все составляющие природной среды.

## **1.2 Значение экологии в нефтегазовой отрасли**

Промышленные компании в настоящее время обладают огромным количеством рыночных стимулов, чтобы заботиться о природе. Экологичность - новый серьезный момент конкурентоспособности продуктов, фирм и стран, тем более заметных в контексте понижения роли и

исчерпания потенциала множества иных факторов, а именно, сужения области применения цены. соревнование. Создавая системы экологического менеджмента, компании могут сократить экологические риски и затраты с помощью национальных и международных стандартов и более строгих экологических норм, экономя используемые ресурсы и сделать свое производство более интересным для потребителя [1].

Экологический подход создает предпосылки для научно-технического прогресса, особенно в области альтернативных источников энергии.

Однако вышеизложенное имеет место быть только при соблюдении следующего условия: в случае если акционеры в компании преследуют долгосрочные интересы вместо использования в краткосрочной перспективе.

Нефтегазовые компании, что находятся под контролем государства, такие как: – «Роснефть», «Газпром» и др. – часто можно обвинить в неэффективности и коррупции. В то же время ищут пути и средства для достижения амбициозных целей, не пытаясь увеличить экологические издержки.

### **1.3 Проблемы экологической безопасности в нефтегазовой отрасли**

Плохое влияние компаний нефтегазовой промышленности на окружающую среду приводит к изменению ее компонентов:

- изменение горных массивов;
- формирование антропогенных ландшафтов;
- риск возникновения аварий;
- нарушение земель;
- негативное влияние на здоровье человека;
- загрязнение атмосферы и гидросферы;
- образование отходов производства;
- негативное влияние на флору и фауну.

Отрицательное положение нефтегазовой промышленности можно

объяснить следующими причинами.

Так, одна из проблем – высокая доля энергетического сектора в производстве. Топливо-энергетическая доля более 50% в общем экспорте России в 2020 году.

Экологические проблемы применения ресурсов нефти и газа ещё связаны с их излечением во время добычи - коэффициент нефтеотдачи в РФ равен 0,27%.

Одним из значительных факторов загрязнения окружающей среды считаются чрезвычайные ситуации, катастрофы и техногенные аварии. Главная первопричина аварийности на производстве является старение основных фондов и истощение рабочих ресурсов, оборудования.

Главная задача по понижению негативного воздействия нефтегазовой промышленности на окружающую среду - применение нефтяного газа.

#### **1.4 Рейтинг нефтегазовых компаний**

Для оценки масштаба неблагоприятного влияния нефтяной промышленности в 2020 г. Мировой фонд дикой природы создал ежегодный рейтинг экологической ответственности нефтегазовых компаний РФ. Оценка составлена на основе огромного числа факторов, описанных сформулированных в «Совместных экологических требованиях социальных природоохранных организаций к нефтегазовым компаниям», которые обеспечивают объективный взгляд об уровне влияния нефтегазовой промышленности на окружающую среду, а ещё достоверность расчета среднеотраслевых характеристик, отображающих совокупное влияние нефтегазовых компаний на окружающую природу [2].

Основной задачей данной оценки является стимулировать членов нефтегазового сектора к разработке устройств саморегулирования и самоконтроля. Это приведет к понижению нагрузки на природу и увеличению производительности применения углеводородов.

Рейтинг составлен по основным направлениям компании и

основывается на ежегодных отчетах и докладах об охране природы и окружающей среды, которые находятся в открытом доступе.

Рейтинг на 2020 г. представлен на рисунке 1.

Итоговое место	Компания	Итоговый балл рейтинга	Место по итогам рейтинга в 2020 г.
1	Сахалин Энерджи (Сахалин-2)	1,8558	1
2	Эксон НЛ (Сахалин-1)	1,7739	▲ 6
3	Сургутнефтегаз	1,582	3
4	Салым Петролеум	1,5786	▲ 5
5	Зарубежнефть	1,5757	▲ 10
6	Газпром	1,5430	▼ 2
7	Газпром нефть	1,5270	▲ 8
8	ЛУКОЙЛ	1,4896	▼ 4
9	Иркутская НК	1,3276	▲ 11
10	Роснефть	1,2942	▼ 9

Рисунок 1 - Рейтинг экологической ответственности нефтегазовых компаний России за 2020 г.

Анализ каждой российской компании состоит из 2-х частей:

- изучение основных показателей воздействия;
- изучение экологической политики компании.

Экологическая политика зарубежных фирм в представленной работе не будет рассматриваться [4].

Анализ экологической политики проводится в сопоставлении с требованиями, предъявляемыми экологической организацией РФ к нефтегазовым компаниям и корпорациям. Совокупность требований



включает в себя большое количество положений в различных отраслях, ключевыми из которых являются:

- проведение экологического мониторинга;
- сокращение нарушения земель при освоении новых территорий;
- свобода доступа и прозрачность экологической информации;
- приверженность сохранению маршрутов передвижения животных;
- оценка воздействия проекта на окружающую среду от стадии строительства до ликвидации;
- учет интересов коренных малочисленных народов для поддержания традиционного образа жизни и сохранения первоначальной среды обитания;
- практика внедрения «принципов зеленого офиса»;
- отказ ведения деятельности на особо охраняемых территориях;
- отслеживание связи между глобальным изменением климата и деятельностью компании;
- улучшение экологических характеристик транспорта компании;
- соблюдение законодательства страны об охране окружающей среды.

Анализ основных факторов влияния на окружающую среду осуществляется по нескольким направлениям, основанным на данных экологических отчетов компаний:

- влияние на атмосферу;
- влияние на гидросферу;
- влияние на почву;
- управление отходами.

Анализ главных показателей воздействия на окружающую среду будет произведен во втором разделе.

## **1.5 Эколого-правовое регулирование проблем в нефтегазовой отрасли**

Нефтегазовая отрасль позволяет Российской Федерации быть одним из ведущих государств в мировой системе энергооборота, а еще активно принимать участие в международной торговле нефтепродуктами. Нефтегазовые организации обеспечивают больше 20% промышленного производства 32% и больше всех налоговых поступлений в федеральный бюджет.

Так, по сведениям Минэнерго, по результатам 2021 года размер национальной добычи сырой нефти по сопоставлению с 2020 годом возрос на 6,4 млн тонн и составил 546,7 млн тонн в абсолютном выражении, установив максимальный показатель после создания Российской Федерации.

В то же время, добыча газа в 2021 году составила 670,4 млрд куб. м, при всём при этом в структуре добычи наблюдался подъем объемов как природного газа, так и парниковых газов.

Одновременно, обеспечение финансового подъёма нередко связано с уровнем загрязнением окружающей среды, дисбалансом в биосфере, переменной климата, собственно, что приводит к усилению отрицательного влияния на здоровье человека и разрушению экосистем.

Согласно закону «Об охране окружающей среды» негативным воздействием на обстановку в окружающем мире рассматривается воздействие человека на окружающую обстановку, отмечающееся в негативных преобразованиях свойств окружающей обстановки.

Нефтегазовая отрасль имеет довольно сильное негативное воздействие природу, и, соответственно, проживающих на планете лиц. К примеру, согласно Постановлению Правительства РФ от 28 сентября 2015 г. № 1029, к деятельности нефтегазовых организаций, относящихся к I категории и оказывающих значительное отрицательное влияние на человека и окружающую среду и имеющих отношение к областям использования самых

лучших имеющихся технологий, относится ведение экономической деятельности:

- для добычи нефти и природного газа;
- для переработки природного газа;
- для создания нефтепродуктов.

К объектам категории II относятся:

- осуществление активности по перемещению газа и нефти с применением магистральных трубопроводов;
- активность по добыче и хранению нефти (проектной мощностью более 200 тыс. тонн).

Поэтому можно прийти к выводу, что в нефтегазовой отрасли сокращение негативного влияния на человека и окружающую среду является основным условием соблюдения и обеспечения экологической безопасности.

Согласно Федеральному закону № 7-ФЗ охрана окружающей среды – это работа всех органов РФ, объединений и организаций, юридических и физических лиц, нацеленная на сбережение и восстановление природной среды, рациональное пользование и воспроизводство природных ресурсов, предотвращение отрицательного влияния хозяйственной или какое-либо другое действие, связанное с воздействием на окружающую обстановку [5].

Под экологической безопасностью понимается условия защиты природы и населения от возможного отрицательного действия активности человека, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера и, соответственно, последующих результатов. Совместно с этим следует выделить, что основное большинство объектов нефтегазовой отрасли относятся к категории опасных производственных объектов, в следствие чего, как раз затруднения обеспечения экологической безопасности имеет наибольший смысл при ведении ими природоохранных действий.

Термины «экологическая безопасность» и «обеспечение экологической безопасности» считаются правомерными. Под обеспечением

экологической безопасности понимается форма экологической деятельности, содержанием которой считается достижение и поддержание такового свойства природной среды, при котором влияние ее моментов гарантирует здоровье человеку и его плодотворную жизнь в согласии с природой, при этом в практическом значении – вполне вероятно понижение риска вредоносного влияния отрицательных факторов окружающей среды или проявление экологических аварий или катастроф с поддержкой системы адекватных мер финансового, организационного, правового, политического и друга нрава на состояние человека и иные объекты экологической безопасности». Важнейшие цели гарантии экологической безопасности, несколько уступают задачам охраны окружающей среды, и не несут никакой связи с правильным применением и возмещению запасов. Данное ведет за собой стабилизацию природной обстановки, где не соблюдаются потребности индивидуума.

Обеспечение экологической безопасности связано с требованиями законодательства. Ее главным направлением являются способы защиты населения и территорий от аварийных ситуаций природного и техногенного характера».

На сегодняшний день вопросы гарантии экологической безопасности в нефтегазовой промышленности становятся всё больше животрепещущими, беря во внимание, собственно, что деятельность ее объектов связана с повышенным негативным влиянием на природу.

Возможными опасными объектами нефтяной отрасли рассматриваются:

- нефтепроводы;
- объекты магистральных нефтепродуктопроводов;
- нефтяные скважины.

В газовой промышленности это:

- эксплуатационные скважины на месторождениях;
- газопроводы и т.д.

В итоге, в области экологической безопасности и защиты окружающей среды в нефтегазовой промышленности имеется 4 основных проблемы.

Во-первых, это загрязнение природы продуктами и отходами [9].

Во-вторых, необходимо отметить проблему аварийных разливов нефти. Случайные разливы могут произойти как на почве, так и на воде. На устранение негативных последствий таких аварий уходит большое количество времени.

Одним из более действенных способов регулировки деятельности нефтегазовых предприятий являются обязательные «Планы по предупреждению и ликвидации разливов нефти и нефтепродуктов».

Организации обязаны иметь такой план, утвержденный в определенном порядке.

Организации должны:

- создавать и аттестовывать личные структуры для устранения разливов нефти и нефтепродуктов или привлекать профессиональные аварийно-спасательными отряды;
- обучать служащих методам защиты и действиям в чрезвычайных обстановках, связанных с разливами нефти и нефтепродуктов;
- иметь запасы средств для локализации и устранения разливов нефти и нефтепродуктов;
- своевременно сообщать о претендентах разливов нефти и нефтепродуктов и проводить работу по их локализации и устранению;
- поддерживать технологическое оснащение в исправном состоянии.

Также необходимо осуществлять прогнозирование результатов вероятных разливов нефти и нефтепродуктов.

Целью прогнозирования является определение:

- неблагоприятного влияния разливов нефти окружающую среду и промышленные объекты;

- границ зон высокой опасности вероятных разливов нефти и нефтепродуктов;
- мероприятий по утилизации нефтяных разливов и ее продуктов.

Прогноз мероприятий по устранению нефтяных разливов и ее продуктов, а также дополнению остаточного наполнения углеводородами до применимого значения производится на базе итогов предсказания итогов в полной мере возможного разлива нефти и ее продуктов, сведений о перечне технических ресурсов, находящихся на объекте, а также сведения о специальных аварийно-спасательных подразделениях.

В-третьих, главной проблемой в области экобезопасности и охраны природы считается подъём частоты техногенных чрезвычайных ситуаций на объектах нефтегазовой отрасли.

В-четвертых, остаются нерешенными трудности обеспечения эколого-правового прекращения и заброшенных скважин. В России на сегодняшний день существует много скважин, причем их техническое положение никак не стабилизируется на допустимых значениях [12].

Для решения этих проблем предлагается:

Первое. Принять систему нормативно-правовых актов, обозначающих характеристики предоставления экологической безопасности объектов в нефтегазовом направлении охраны окружающей среды в процессе любых этапов работы, а также пересмотреть действующее законодательство.

Второе. Определить главные опасности в области обеспечения экобезопасности нефтегазовой сферы, основные направления государственной политики в области экобезопасности.

## **1.6 Меры по повышению экологической безопасности в сфере нефтегазовой отрасли**

Нефтегазовая промышленность - это отрасль экономики, занимающаяся добычей, переработкой, транспортировкой, складированием, реализацией нефти и газа.

В нефтегазовой отрасли есть три основных направления:

- разведка,
- производство,
- транспортировка.

Каждый год организации нефтяной промышленности производят большое количество отходов, влияющих на окружающую среду.

Буровые примеси являются самыми опасными отходами во время бурения.

Во время добычи нефти на шельфе как правило сбрасываются в море:

- шлам - это горная порода, вырезанная в скважине, поднятая на поверхность буровыми примесями;
- добываемая вода - вода, поступающая вместе с нефтью и газом при добыче нефти.

В целом, добыча нефти оказывает следующее воздействие:

- изменение флоры и фауны;
- загрязнение воды и почвы;
- загрязнение атмосферы;
- угроза жизнедеятельности организмов;
- изменение и разрушение экосистем.

Основным нормативным документом нефтегазовой отрасли, является «Концепция системы технической регулировки в нефтегазовой отрасли» [23].

В данном разделе было описано понятие нефтегазовой промышленности РФ, как данная промышленность влияет на экономику государства. На основании всего вышесказанного, можно сделать вывод, что в связи с изменением в худшую сторону ресурсной базы существующая модель нефтяной отрасли постепенно становится неэффективной. С одной стороны, возрастает доля трудноизвлекаемых запасов и в разработку вовлекаются в основном небольшие месторождения. С другой стороны,

происходит нерациональное использование скважин, что приводит к снижению добычи.



## **2 Обеспечение безопасности при эксплуатации факельных систем**

### **2.1 Понятие факельных систем. Основы классификации и конструкция основных элементов системы**

Основной задачей факельных установок является защита окружающей среды. Они необходимы для обезвреживания путем сжигания легковоспламеняющихся (взрывоопасных) газов (паров), а также при попадании в атмосферу в первую очередь имеют все шансы породить взрывы и пожары, проявляя вредоносное влияние на людей и находящуюся вокруг среду.

Факельные конструкции являются технологическими устройствами высокого риска. Данное сопряжено со значительной угрозой появления небезопасных аварийных обстановок. Возникающая в системе смесь горючего газа, а также атмосферного воздуха формирует угрозу взрыва. Когда в образовавшуюся смесь добавляют инертный газ в определенной концентрации, она теряет свои горючие свойства. Требуемая концентрация зависит от типа газа и его состава и колеблется в диапазоне от 50 до 75 %.

Процесс образования вышеуказанной смеси обычно активируется, когда кислород поступает в установку. Это явление можно наблюдать, когда скорость потока остается низкой при сильных порывах ветра. Воздух обычно поступает в установку через участок трубы или утечку оборудования [18].

Факельные конструкции существуют с целью безопасного сжигания сбросных газов, которые, в свою очередь, классифицируются:

- постоянные,
- периодические,
- аварийные.

По функции факельные конструкции:

- общие,
- отдельные,
- специальные.

Многоцелевая факельная конструкция применяется на заготовительных объектах, в каких местах необходимо сбрасывание горючих газов с перерабатывающих заводов фирмы.

Применяются отдельные факельные конструкции, если:

- в случае если стандартная факельная конструкция объекта никак не отвечает условиям технологического распорядка согласно обеспечению защищенности горения;
- в случае, когда давление в общей факельной конструкции блока никак не дает возможность нагнетать в нее горючие испарения, а также газы.

Особые факельные конструкции применяются, если характеристики газа в обыкновенной факельной конструкции несовместимы с подаваемыми сбросными газами:

- полимерные, а также смоляные продукты с пониженной выходной способностью;
- элементы, которые имеют все шансы распасться в процессе данной деятельности;
- выделяют тепло;
- продукты, которые имеют все шансы отвечать на иные элементы, прибывающими в факельной конструкции;
- механические добавки;
- агрессивные, а также высокотоксичные элементы;
- прочие элементы, качества которых несовместимы с простыми факельными конструкциями, сбрасываемыми в факельную систему.

Факельные конструкции по рабочему давлению в источнике следующие:

- низконапорные – к ним зачисляются выбросы от оборудования, работающего при давлении ниже 0,3 МПа;
- значительное давление – к ним зачисляются выбросы от оборудования с давлением больше 0,3 МПа.

Согласно собственной системе факельные конструкции разделяются на следующие:

- горизонтальные,
- высотные,
- наземные,
- упрощенные.

Применять простую факельную конструкцию при ремонтной деятельности, никак не останавливая процедуру сброса газа. Этот способ используют, в условиях сохранения безопасности использования, а также сбросов газов.

Затем мы систематизируем факельные конструкции согласно многим характеристикам.

Факельные конструкции разделяется согласно участку установки горелки:

- высотные,
- наземные.

Высотные:

- средние, высота от 4 до 25 м;
- высокие, высота от 25 м.

В связи со способом соединения газа, а также атмосферного воздуха факельные конструкции разделяются на соответствующие группы:

- тип Бунзен подразумевает процедуру соединения атмосферного воздуха, а также газа, при котором горючий состав предварительно следует в горелку. В этом виде само сгорание находится в зависимости от быстроты химического взаимодействия;
- тип диффузионных обозначает, что процедура соединения станет осуществляться во фронте огня. Здесь результативность сгорания находится в зависимости от быстроты, с которой смешиваются воздушное пространство, а также воспламеняющийся газ.

Согласно наибольшему давлению сжигаемых газов факельные конструкции классифицируют:

- деятельность при пониженном давлении, при сгорании газа излишнее давление доходит наиболее 0,2 МПа;
- деятельность при значительном давлении, излишнее влияние при сжигании газа никак не доходит 0,2 МПа;
- местные аварийные ситуации - используются с целью укрепления агрегатов, работающих при пониженных давлениях, отвода газов в газгольдер и с целью сжигания сбрасываемых агрессивных газов.

При использовании факельной конструкции формируется состав:

Смесью веществ рассматривается смесь, включающая 2 либо больше химических элемента, никак не вступающих в химический отклик друг с другом.

Характерным для сбрасываемых газов является:

- давление,
- температура,
- содержание воды,
- молекулярная масса.

С целью результативного сжигания с надлежащими чертами сбрасываемого газа следует применять пламя конкретного вида.

Главными среди них являются:

- сухая факельная конструкция, которая применяется с целью сжигания сухого пара углеводорода с массой не более 45 г/моль и температурой не больше 0 °С;
- мокрая факельная конструкция, которая применяется с целью сжигания горячего газа, в своем составе имеющего водяные пары и тяжелые углеводороды.

В связи с длительностью воздействия распознают:

- постоянные,

– периодические.

Из числа нынешних конструкций:

- ствол факела (обслуживающие площадки, лестницы, подводящие трубопроводы и так далее);
- дежурные горелки;
- факельный оголовок;
- система розжига;
- ветрозащитное устройство;
- факельные трубопроводы, останавливающие поток в обратную сторону;
- средства надзора, приборы индикации, а также обнаружения огня;
- средства, останавливающие протекания взрывоопасной консистенции снова в трубу (газовые затворы) [21].

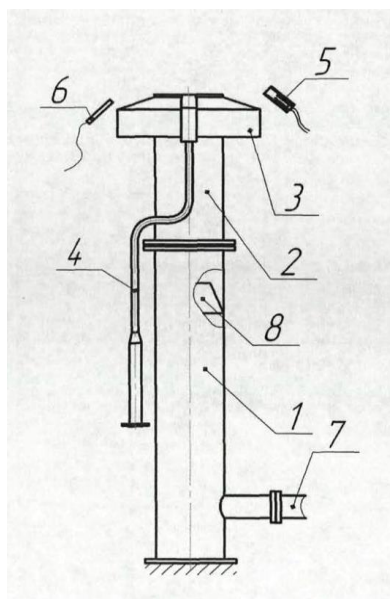


Рисунок 2 – Факельная установка

- 1 – ствол факела, 2 – факельный оголовок, 3 – ветрозащитное устройство,  
4 – дежурные горелки, 5 – система розжига, 6 – средство контроля пламени,  
7 – факельные трубопроводы, 8 – газовый затвор.

Факельный оголовок занимается сжиганием газов, проходящих на сброс. Оголовок снабжен дежурными горелками, условием должно быть непрерывное горение соответственно документу «Правила устройства безопасной эксплуатации факельных систем», а также механизмами розжига. Вероятен монтаж приборов бездымного горения, приборов с целью сохранения хода горения, противопожарных препятствий, исключающих вероятность возврата взрывоопасных консистенций в факельную конструкцию.

Для того чтобы повысить эффективность полноты сгорания газа используется способ дополнительного введения воды и пара в зону пламени, что не должно вызывать погасания. В этом случае могут возникнуть ситуации, когда скорость, с которой движутся газы сброса окажется ниже скорости действующего ветра. Тогда необходимо дополнительно оснастить факельную конструкцию механизмами защиты от ветра, снижающими влияние мощных ветров на уравновешенное горение, а также останавливает вероятность сдувания огня ветром.

Ствол факела рассматривается как базовая, несущая система, в состав которой обычно входят такие конструктивные элементы, как лестницы и служебные платформы. Ствол соединен с трубопроводами, которые собирают газы факела.

Трубопроводы факельных конструкций имеют требования к не опасному использованию. Серьезной частью наиболее важных рассматривается небольшое число поворотов и изгибов трубопровода. Кроме того возможно установить сепараторы и гидрозатворы на линии трубопроводов факельных систем, если выделяемые газы в своем составе имеют капли воды. В случае, когда дежурная горелка грамотно налажена и огонь в дневное время практически никак не заметно, факельная конструкция включает вспомогательные приборы с целью контролирования, сигнализации, а также отображения огня дежурных горелок.

Учитывая базовые, основополагающие и первостепенные ориентиры для повышения безопасной эксплуатации факельных систем, которые включают повышение безопасности дежурных горелок в эксплуатации, увеличение ветрозащиты, усиление результативности розжига, а также запальных приборов, результативно контролирует присутствие огня в горелках. Проанализируем полезную базу ключевых компонентов факельных оголовков.

Практический опыт в мире, который связан с ростом безопасности использования факельных систем, наблюдается активная деятельность, связанная с изучением и формированием новейших систем и модернизации факельных оголовков. Данная работа ориентирована на увеличение постоянства горения и снижение внешнего влияния ветрового воздействия, а также на увеличение полноты сгорания газов сброса и на устранение риска попадания воздуха внутрь факельных систем. Указанные способы предназначены для достижения цели безопасного использования. Они движутся в направлении гарантии устойчивого горения факела конструкции.

В составе факельного оголовка имеется труба факельного оголовка, ветрозащитный экран, дежурных горелок, горение которых должно быть постоянным, и газового затвора, который исключает вероятность проникновения взрывоопасной смеси в факельную систему.

Как правило приоритетными являются факелы смешанного или диффузионного типа, в которых небольшие порции воздуха смешиваются с горючими газами еще до того, как они попадут в атмосферу и сгорят.

Во время использования факельных систем одним из основных рисков является возможность возврата горючей смеси в трубу системы. Это можно наблюдать, когда использование осуществляется при поддержании режима готовности к работе. В таких случаях продувочный газ направляется в трубы в минимально возможных нормах.

Если продувочный газ используется в пределах минимальных норм, скорость газа в трубе факельной системы снижается. В таком случае вес

воздуха станет весьма приемлемым для появления угрозы опускания его в трубу конструкции. В процессе начинается формирование взрывоопасной смеси. С целью исключения вышеупомянутого риска используют способ, где поперечное сечение верха оголовка уменьшают. Этот способ представляет собой продуктивным барьером для прохождения воздуха внутрь трубы факельной системы.

Рассмотрим основные виды газовых затворов, решающие этот вопрос:

- газовые,
- диафрагменные,
- многосопловые.

При воздействии ветра появляется процесс, при котором ветер обтекает цилиндрическую трубу. Возникает разница давлений с наветренной и подветренной стороны. В целях уменьшения интенсивности таких воздействий используют экраны, защищающие от ветра [29].

Присутствие сгорания наименьшего размера сбросного газа совершается процедура втягивания неподвижных струй газа сброса на место с небольшим давлением, что прерывает работу факела пламени установки. Также оно влечет за собой выброс несгоревших опасных токсичных веществ в атмосферу. Также может происходить горение газа в области верхнего среза. Параллельно внутри и на участке возле среза трубы может происходить задувание воздуха и горение. Следовательно, на поверхности верхнего среза трубы, а конкретнее на её стенки влияет огонь внешне, а также внутри, процедура теплоотвода не имеется. Как следствие, совершается градиционное прогорание, а также распад оголовка факельной трубы либо концентрация несгоревших ядовитых и взрывоопасных газов у поверхности земли.

Чтобы исключить опасность возникновения пламени во время работы, при использовании низких скоростей сброса, при наличии ветра возможно использование ветрозащитных устройств.



При создании и разработке новых ветрозащитных экранов решаются следующие задачи:

- снижение рисков того, что ветер повлияет на работу, что приведет к неуравновешенной ситуации с деятельностью, а также срыв огня факела;
- уменьшение влияния на оголовки горения факела, которое влечет за собой снижения срока эксплуатации;
- уменьшение габаритов и веса ветрозащитных устройств.

Не менее важными требованиями являются доступность и простота изготовления, низкое потребление материалов. Чаще всего, когда изготовление ветрозащитного экрана влечёт сопровождается большими трудностями, от его использования отказываются, несмотря на все его преимущества.

Использование ветрозащитных устройств достаточно эффективно. Это доказывают вышеуказанные исследования. Кроме того конструктивные исследования и разработки являются важным направлением для обеспечения безопасной эксплуатации факельных систем.

Есть несколько видов ветрозащитных устройств. В соответствии с силой влияния на проходное сечение, от темпа с которой проходит газ, от турбулизации газа они подразделяются на:

- ветрозащитные устройства, не влияющие на свойства поступающего газа, они чаще всего устанавливаются в наружной зоне трубы оголовка факельной системы, этот вид гарантирует лишь сохранность зоны бокового ветрового влияния;
- устройства, оказывающие влияние на газы сброса, а также их свойства.

Эти устройства дают возможность изменять выходное сечение оголовка, однако не модернизируют режимные механизмы истечения сбросных газов.

Далее исследуем способы деятельности вышеупомянутых видов ветрозащитных устройств.

Ветрозащитные устройства, не оказывающие влияние на свойства поступающего газа, делятся на:

- устройства с конструкцией усеченного конуса, размещенного в зоне верхнего среза;
- устройства ветрозащиты дискового типа;
- диодные экраны;
- смешанные.

Существующие в настоящий момент как в Российской Федерации, так и за её пределами факельные системы предлагают широкий спектр технических постановлений согласно проектированию факельных оголовков, а также оснащения, имеющего возможность исключить просачивание воздуха внутрь факельной конструкции, а также убрать срыв огня ветром сбоку, применяя всевозможные экраны, защищающие от него, и повысить устойчивость горения.

Исследуем продуктивные способы разрешения, направленные на внедрение эффективных методов горения. Важнейшими факторами надежности и защищенность факельной конструкции считается основой воспламенения и орудием предоставления результативного контролирования огня. В некоторых случаях значимость деятельности данных компонентов упускается из виду, но в некоторых случаях они напоминают о себе неисправностью. Необходимо не выпустить из виду, что верная и устойчивая деятельность данных конструкций находится в зависимости то, как и воспламенится единица выхлопного газа в аварийных условиях, а также гарантировано ли своевременное определение факта угасания пламени на дежурных горелках и примут ли своевременные меры по следующему розжигу дежурных горелок.

В настоящее время метод применения электродов и бегущий огонь широко используются в целях розжига дежурных горелок и факельных систем в целом.

При использовании метода розжига с помощью электродов появляется большое количество сложностей в гарантии предоставления услуг, а также укрепления прочности. Электроды с проводами формируются в наружный срез особого предохранительного стекла. Электроды, подвергающиеся влиянию значительных температур, подвергаются коррозии. Данное зачастую приводит к неосуществимости применения подобных приборов зажигания, а также последующего воспламенения сбросных газов в необходимый период. При дальнейшей смене полезных элементов деятельность конструкции прерывается.

При способе использования розжига «бегущий огонь», отработавшие газы даются в трубу факельной конструкции, а горючая смесь также запальная смесь даются в трубопровод конструкций. Некоторая доля сбрасываемого газа удаляется с линии сброса и следует в линию смешения горючих, а также воспламеняющих элементов, где газ сначала смешивается с атмосферным воздухом. Концепция зажигания с целью воспламенения горючей смеси определена в магистрали зажигательной консистенции. Огонь перемещается по трубопроводу к факельной системе, что потом зажигает линию горючей консистенции. Система, изображенная в вышеописанном методе, никак не обладает какими-то вопросами либо недочетами.

Подобным образом, за счет выведения конструкций зажигания из области значительных температур гарантируется легкость обслуживания, уменьшается период смены неисправных элементов, гарантируется значительная безопасность факельной конструкций. Способ охраны «бегущий огонь» запрашивает особых способностей при пуско-наладочной деятельности.

Первый метод находит основное применение в зарубежной практике, в отечественной – второй.

В последние годы все больше проявляется склонность предприятий к замене устаревших устройств контроля, сигнализации наличия пламени на факельных системах на новые, разработанные типы, которые более стабильны и надежны при использовании, просты в реализации, менее затратны и имеют сравнительно малый процент отказов и ошибочных срабатываний.

Основными целями при разработке и создании новых средств контроля являются:

- надежность и эффективность работы, выдачи сигнала о наличии пламени;
- защита пламени дежурных горелок;
- своевременная сигнализация при отсутствии или срыве факела горения.

Не менее важным является доступность технических компонентов, низкие производственные затраты, а также диапазон допустимых климатических условий, необходимых для стабильной эксплуатации. Иногда несмотря на преимущества продукта от него приходится отказываться из-за сложностей в производстве, высоких материальных затрат или ограниченных климатических и погодных условий, которые необходимы для надежной работы средств контроля.

Рассмотрим варианты наиболее часто используемых нынешних измерителей огня:

- измерители огня с применением ионизационных измерителей, установленных в дежурных горелках;
- измерители огня с применением термопар;
- с применением инфракрасного измерителя, характеризующего инфракрасный спектр испускания огня, а также определяемый на территории в области воздействия факельной конструкции;
- пневматические конструкции надзора присутствия огня.

Исследуем механизм использования датчиков ионизации и температуры. Они состоят из детекторов пламени, которые используют измерители ионизации и температуры, которые находятся на дежурных горелках с запальниками, находящимися на факельном оголовке. Сущность функционирования датчиков в том, что они осуществляют контроль токопроводящих элементов огня с целью устойчивого горения. Для того чтобы исключить извлечения ошибочных сигналов, следует избегать фальшивые ветры. По этой причине термопару размещают в безопасном чехле, причем сберегается вероятность снятия и установки с земли с целью смены в период деятельности горелки. Однако данное способно послужить причиной к небезопасным технологическим вопросам и непростого аппаратного осуществления.

В том случае, когда термопары и запальники расположены на дежурных горелках, это может привести к дополнительным проблемам.

Есть способ контроля пламени с помощью инфракрасного датчика. В зоне, расположенной в непосредственной близости к факелам размещают определенное количество датчиков, которые выполняют фиксацию инфракрасного диапазона излучения, сходящего от пламени факела.

К недостаткам этого метода можно отнести высокие материальные затраты и большой процент ошибочных срабатываний. Датчики используют в целях контроля дежурных горелок или общего факела.

## **2.2 Методы безопасной эксплуатации факельных систем**

С целью предоставления не опасного использования факельных конструкций создаются, а также используются разнообразные способы и технические постановления. Проанализируем главные решаемые проблемы согласно обеспечению защищенности и методы, нацеленные на их заключения.

Главные задачи для гарантии безопасного использования:

- исключение угрозы попадания атмосферного воздуха в факельную трубу посредством верхний срез;
- гарантировать непроницаемую, прочную конструкцию, никак не позволяющую вторжения атмосферного воздуха, а также мешающую формированию взрывоопасных газовых консистенций;
- не позволение сбросов, которые имеют все шансы взаимодействовать, а также формировать взрывоопасную смесь в факельную конструкцию;
- контролировать внутреннюю поверхность трубопровода согласно нормативу чистоты, устранять отложения продувкой, промывкой, пропариванием и так далее;
- оснащение факельной конструкции орудиями автоматизации, а также управления;
- регуляция характеристик, а также структуры газов сброса;
- в ходе сброса газов, а также паров с температурой ниже 0°C производить их подготовительный нагрев вплоть до температуры больше 0°C (при обеспечении положительной температуры на входе в трубу за счет разогретого газа данная температура на выходе считается предельно возможной до -30°C);
- ослабление кислых газов перед подачей в общезаводские трубопроводы;
- подготовительное очищение прибывающего газа от включений (угроза создания вредоносных, а также ядовитых элементов).

Впоследствии нами будут проанализированы главные способы решения поставленных вопросов [33].

### 2.2.1 Метод продувки инертными газами

Метод продувки инертными газами широко используется на сегодняшний день для:

- предварительная деятельность к ремонтным трудам и в процессе окончания перед началом работы установки;
- транспортировка конденсата из сепаратора;
- ликвидация вакуума;
- удалить угрозы проникновения жидкости в горючие смеси (азотное дыхание).

Впоследствии после соединения, а также разбавления консистенции горючего газа и атмосферного воздуха с поддержкой инертного газа предел воспламенения уменьшается. Кроме того в присутствии конкретного сосредоточения состав прекратит являться взрывоопасным. Применяются в качестве инертных газов следующие:

- азот ( $N_2$ );
- двуокись углерода ( $CO_2$ );
- смеси азота и двуокиси углерода.

Проанализируем мероприятия осторожности при применении способа продувки инертным газом. Существенно осуществить мероприятия предосторожности с целью избегания травм от инертных газов, подобных равно как двуокись углерода. Асфиксия может появиться, в случае если степень азота в кислороде превосходит норму.

Процедура продувки инертным газом от вредоносных горючих газов, а также дальнейшего удаления инертных газов атмосферой обязан проводиться под строгим контролем. В период перекрытия подачи азота в резервуар продувки следует основательно контролировать перекрывание вентилей и кранов.

Вблизи с трудовыми участками должны быть готовые к применению противогазы на инцидент, если понадобятся спасательная либо прочая деятельность. Должны применяться лишь респираторы изолирующего вида.

С целью гарантии надзора за нейтрализацией  $N_2$  воздухом используют определители газа.

Этот прибор для ручной работы, который ориентирован на решение вопросов нахождения числа кислорода.

С целью устранения формирования взрывоопасных консистенций используют некоторые способы:

Предотвращение образования в горючей среде источников зажигания должно достигаться применением одного из следующих способов или их комбинацией:

- применением машин, механизмов, оборудования, устройств, при эксплуатации которых не образуются источники зажигания;
- применением электрооборудования, соответствующего пожароопасной и взрывоопасной зонам, группе и категории взрывоопасной смеси в соответствии с требованиями;
- применением в конструкции быстродействующих средств защитного отключения возможных источников зажигания;
- применением технологического процесса и оборудования, удовлетворяющих требованиям электростатической искробезопасности;
- устройством молниезащиты зданий, сооружений и оборудования;
- поддержанием температуры нагрева поверхности машин, механизмов, оборудования, устройств, веществ и материалов, которые могут войти в контакт с горючей средой, ниже предельно допустимой, составляющей 80% наименьшей температуры самовоспламенения горючего;



- устранением возможности появления искрового разряда в горючей среде с энергией, равной и выше минимальной энергии зажигания;
- применением неискрящего инструмента при работе с легковоспламеняющимися жидкостями и горючими газами;
- ликвидацией условий для теплового, химического и (или) микробиологического самовозгорания обращающихся веществ, материалов, изделий и конструкций;
- устранением контакта с воздухом пиррофорных веществ;
- уменьшением определяющего размера горючей среды ниже предельно допустимого по горючести;
- выполнением действующих строительных норм, правил и стандартов.

### **2.2.2 Процесс продувки факельных труб**

Важной частью ключевых угроз аварийных условий в факельных конструкциях считается вероятность попадания атмосферного воздуха в нее. Для того чтобы ликвидировать данную угрозу, применяется способ продувки труб, а также резервуаров, в результате чего совершается непрерывный восходящий поток газа. С целью данного хода используют продувочный газ. Данный способ устраняет значительную угрозу появления ситуации взрыва.

Все конструкция обязана быть основательно промыта. В период сжигания газов сброса этот метод гарантирует тепло и, таким образом, повышает объем продувочного газа. В этапы пониженного объема газа либо сильных порывов ветра в факельной конструкции может оказаться воздушное пространство. Снижение объема может случиться из-за остывания горячих газов сброса. Неожиданные порывы ветра имеют все шансы спровоцировать снижение давления в факельной конструкции.

Использование этого способа повышает стоимость использования конструкции. Кроме того стоимость станет расти соответственно диаметру

трубы. Общеизвестные мерки расхода газа до сих пор пока никак не определены. Продувной газ проще воздуха, а также по этой причине выгоняет воздух. Кроме вытеснения, продувной газ также смешивается с атмосферным воздухом. Перемешивание ведет к распределению воздуха по трубе. Наиболее простые продувочные газы меньше результативны и, таким образом, обладают наиболее высоким расходом.

Когда высокие темпы продувки, труба имеет вероятность заполниться продувочным газом.

При уменьшении темпа продувки наступает процедура диффузии воздуха посредством открытого конца трубы за результат разницы плотностей продувочного газа и атмосферного воздуха. Прочное содержание воздуха в трубе обуславливается с наибольшим смыслом, приходящимся в верхнем краю, также наименьшим значением, доводящимся в нижнюю часть.

Есть представление аэробного предела. Это мера, когда взрывы практически невозможны. Это находится в зависимости от ингредиентов консистенции. Данная теория может помочь дать оценку вероятной угрозы появления условий взрыва.

Используется продувка паром. Его результативность находится в зависимости от издержек тепла из факельной конструкции. Требуемые термические характеристики формируются только лишь внизу трубы, поверх наступает влияние наружных условий. Совершается остывание стенки трубы. Изучения выявили, что уровень воздуха наиболее низкий на основах, где соблюдается тепловой режим. С повышением возвышенности температура уменьшается, но сосредоточение воздуха возрастает из-за наружных влияний. По этой причине трубы должны быть оборудованы добавочной изоляцией, а также обладать как можно наиболее краткой длиной.

Никак не используются пар в качестве вычищающего средства регулярно. Пар необходимо применять только лишь в то время, когда доставка продувочного газа оборвана либо недостижима из-за значительной концентрации воздуха.

Факельные конструкции обладают угрозой создания горючих, а также взрывоопасных консистенций и обязаны быть оборудованы особыми приборами с целью непрерывного контролирования сосредоточения воздуха в газе. Сосредоточения имеют все шансы быть снижены за счет прибавления газа, никак не включающего воздух, к основному газу либо путем закрытия трубопровода для газа, включающего воздух. С целью подачи продувочного газа следует применять газоанализатор с целью подачи надлежащего сигнала. С целью того чтобы осуществить исправительную деятельность согласно установке, следует осуществить определенные мероприятия. Следует ликвидировать пламя, зажечь горелку, убрать воспламеняющийся газ продуванием. Исчезающие концентрации останутся в конструкции и обязаны проверяться и измеряться с поддержкой специализированных устройств либо химического анализа проверки.

В случае, когда в свойстве продувочного газа применяется естественный газ, следует гарантировать такую подачу, чтобы огонь было хорошо видно на протяжении дня.

### **2.2.3 Применение огнепреградителей на факельных линиях**

Возможной угрозой при использовании факельной конструкции считается вероятность распространения огня из открытого конца трубы в трубопровод конструкции. Такое может случиться, когда не соблюдены инструкции использования.

С целью охраны есть возможность использовать преграды от пламени.

Проанализируем насадочные преграды от пламени. Такие используются с целью сжигания трудно горючих консистенций. Причем преимуществе отдается насадкам, модель которых схожа к шаровидной. Минусом считается значительное гидравлическое противодействие при наибольшем сбросе в систему. В результате наступает процедура нарастания давления, что ранее предполагает собой угрозу.

Имеются ленточные преграды от пламени. Они функционируют наиболее результативно. Основной их полезной характерной чертой считается огнезащитный компонент. Это предполагает собою плотную закрученный рулон гофрированной и прямой ленты, собранный совместно, а также завернутый вокруг основного стержня. Ленточные преграды пламени обычно снабжаются непосредственными, отвесными и косыми каналами. Они постоянно функционируют при механических и термических влияниях. Их производство исполняется с маленькими допусками на размеры каналов. Так как лентой захвачено в целом 20% сечения, противодействие проходу делается наименьшим. Насадка пламегасителя выполнена из использованного материала, устойчивого к тепловому влиянию. Это обусловлено тем, что при устойчивом огне выдается большое количество тепла, под воздействием которого компоненты пламегасителя разогреваются вплоть до значительных температур. Имеется угроза появления пожара из-за горячей консистенции в трубопроводе факельной конструкции. Согласно этому фактору обширно применяются датчики с целью механического отключения подачи горючих консистенций либо активации компонента гасящего огонь.

Ленточные преграды от пламени помещают под горелкой факела. Как правило, на трубопроводах сбросных газов используют насадочного типа.

Иногда данные преграды не имеют производительности. Как пример, может служить сжигание водорода ( $H_2$ ), этилена ( $C_2H_4$ ), ацетилен ( $C_2H_2$ ). Это связано с тем, что в обычных обстоятельствах опасные характеристики горения не слишком велики, а также эти элементы выступать в роли стремительно сгорающих газов. В этой ситуации советуется использование лабиринтных уплотнителей.

Помимо этого, в случае если линия сброса загрязнена либо пыльна, преграды для пламени кроме того не имеют никакого действия. Данное приводит к высокому гидравлическому противодействию, а также закупорке компонента каналов преград для огня.

#### **2.2.4 Применение водяных предохранительных затворов и гидрозатворов**

Применяют этот способ с целью локализации вероятных взрывов, также взрывов в быстрогорящих консистенциях. Система защитного затвора заключается из корпуса с выходящей и входящей трубками. Они переполнены жидкостью, через которую протекают горючие газы. Клапаны разделяются согласно рабочему давлению:

- открытые (низкое давление);
- закрытые (среднее давление).

Диаметр предохранителя и углубленность, в которую он обязан быть погружен, рассчитываются, отталкиваясь из рабочего давления, наибольшего размера выхлопных газов и прогнозируемого давления взрыва.

С целью избегания попадания огня в защищаемое место при противоположном ударе корпус клапана снабжен газораспределительным механизмом.

С целью перекрытия потока газа применяется обратный клапан. Механизированный обратный клапан применяется с целью изъятия способности выхода воды из затвора и попадания в линию подачи газа в направлении, противоположном потоку газа.

Минусом этого подхода считается невысокая пропускная способность затворов. Данное сопряжено с невысоким доступным темпом потока.

При превышении этих ограничений стремительности может случиться потеря воды, что повергнет к уменьшению производительности пожаротушения. Безопасность деятельности затвора находится в зависимости от укрепления ожидаемой степени затворной воды и годности клапанов.

В ходе прохождения газа посредством затвора следует остерегаться появления вибраций давления.

Колебание ведет за собой патологии деятельностью в целом агрегата с равномерными вспышками и гашением огня, не соблюдая успешную службу горелок.

### **2.2.5 Приборы контроля наличия пламени**

Все без исключения отопительные установки, действующие на естественном газе, обязаны быть оборудованы системой контролирования огня. В период деятельности имеется угроза появления условия, когда огонь в горелке потухнет, но подачу газа нереально будет прервать. В следствии заполнится внутреннее пространство самого агрегата, а также он тоже начнет перетекать в окружающую среду. В случае открытого огня либо искры имеется весьма большая угроза взрыва из-за воспламенения газа.

Способы контроля присутствия огня классифицируются:

- прямой,
- косвенный.

К прямому контролю:

- ультразвуковой,
- термометрический,
- ионизационный,
- фотоэлектрический.

К косвенному контролю:

- за разрежением в топке;
- подающегося давления в топке;
- давление и его перепадов перед;
- за стабильным наличием источника воспламенения.

Ионизационный способ базируется на электрических процессах, происходящих в огне:

- способность пламени проводить ток;
- способность выпрямление переменного тока;

- возможность возбуждения на помещенных в пламя электродах возбуждать огонь.

Фотоэлектрические способы базируются в фотодатчиках, которые измеряют уровни видимого, а также невидимого излучения за счет внутреннего либо наружного фотоэлектрического результата.

Способы контролирования присутствия огня предполагают большое число полезных заключений.

Проанализируем условия, инициирующие отклик горения:

Главным условием формирования взаимодействия горения горючей газовой консистенции считается:

- температура реагирующей смеси;
- начальная концентрация химических элементов;
- давление.

Если огонь потухнет, температура термпары уменьшится. В результате ЭДС, формируемая огнем, мала, а также клапан закроет течение воздуха.

Проанализируем способ регулируемой ионизации. Данный способ отображает гальванические качества огня. Безопасное операционное устройство, функционирующее на базе данного способа, обладает достоинствами. Он существует в безынерционных процессах. Оно достигается за счет того, что если огонь потухнет, прекратятся все без исключения движения ионизации, а значит, закончится доставка газа к горелке. Промышленное разрешение, основанное на этом способе, базируется на последующих принципах:

- электропроводность пламени;
- электродвижущая сила пламени;
- вентильный эффект пламени;
- явление электрической пульсации.

За границей Российской Федерации обширно применяется способ, применяющий вентильный эффект. Это обусловлено тем, что при его использовании с короткозамкнутым измерителем ложный знак никак не появляется. Промышленное разрешение применяется с целью комплексной автоматизации котлов отопления. Напряжённость переменного тока между корпусом горелки и электродами выпрямляется, если горит огонь.

Если огонь погасает, управляющий сигнал никак не действует на усилитель. Свет автоматом блокируется, реле обесточивается и поступает команда на завершение подачи газа. Такого рода же процедура станет осуществляться при замыкании электродов на корпусе. Структура неполноценна. Открытое состояние с правой стороны от рабочего электрода может быть завоевано только лишь при закрытии иного нерабочего электрода.

Имеется способ, применяющий в собственной работе качества гальванического потенциала. Данное обусловлено горением факела конструкции. При контакте железного электрода с пылающим факелом появляется разница потенциалов, отклонение которой разнообразна, но знак стабилен. Размер электродвижущей силы соразмерен разнице температур между электродами и равно 2 В.

Имеется способ применять пульсирующую природу огня в собственной работе. В этом случае на его базе находится процедура разжигания устройства, сопровождаемая вибрацией. В процедуре никак не оказывают большое влияние дымовые газы и модификации горелки. Излагаемая процедура содержит:

- температура пламени;
- давление в камере;
- интенсивность излучения;
- ионизация пламени.

Размер и колебание находятся в зависимости от значений скорости истечения газо-воздушной консистенции и обстоятельств, присутствие



которых состав перемешивается. В случае если процедура смешения неэффективна, сгорание может быть сопровождаемым вспышками. С поддержкой гальванометра измерялось значение ионизационной вибрации. Данная роль дает возможность автоматически осуществлять контроль угрозы кратковременного замыкания в цепочке датчика.

Проанализируем способ, базирующийся на применении промышленных решений (датчиков) контролирования присутствия огня. Испытываемое устройство реализовывает непрерывный надзор огня. При планировании его использования следует определиться с видом и участком местоположения.

Самые часто встречающиеся датчики:

- ионизационные,
- оптические.

Деятельность измерителя ионизации базируется на проводимости огня.

Оптическая деятельность базируется на оптических свойствах огня.

При горении совершается радиоизлучение в видимом, ультрафиолетовом и инфракрасном диапазоне. Инфракрасный спектр — это волнения в спектре от 0,8 микрона вплоть до 0,8 миллиметра. Зримое радиоизлучение колеблется от 0,4 мк вплоть до 0,8 мк. Ультрафиолетовое от 20 ммк до 0,4 мк. Для любого спектра в фотоприемнике имеется нужный восприимчивый компонент. Согласно конкретной восприимчивости детекторы разделяются на инфракрасные, ультрафиолетовые и датчики светимости. Горящий факел — это пылающая турбулентная струя с вибрациями характеристик, а также перемешиванием изнутри. Радиоизлучение огня кроме того обладает импульсным характером. Изобретены восприимчивые компоненты, умеющие фиксировать вибрации излучения в абсолютно всех диапазонах.

Применяется с целью контролирования присутствия огня следующие приборы:

- ионизационный электрод;
- фотодатчик.

Фотоэлектрические измерители стремительно применяются в управлении главной горелкой, таким образом равно как функционируют малоэффективно из-за небольшого объема определенного огня.

Кроме того они разделяются согласно восприимчивости отталкиваясь из длины светового потока:

- отвечающие на видимый и инфракрасный спектр;
- отвечающие на ультрафиолетовую составляющую.

Проанализируем первоначальный фоторезистивный фотодетектор. Диод измерителя берет на себя световой поток, увеличивает его и реорганизует в выходящий сигнал, что должен соответствовать освещению. Или подает ток на катушку реле. В случае если свет больше определенных общепризнанных мерок, контакты реле закрываются. Полезные характерные черты измерителя кроме того находятся в зависимости от вида сигнала, а также применяемых контактов реле. ФДЧ о как правило функционируют с дополнительным оснащением. Он гарантирует непрерывное питание главного измерителя. При применении измерителя с токовым выходом необходимо установить предел срабатывания в добавочном устройстве. Имеются разнообразные разновидности надстроек, которые дают возможность управлять сигналом с ионизационного электрода запальника, но кроме того регулировать работой и розжигом горелки с поддержкой интегрированных реле.

Фотоэлектрические измерители обладают недочетами в работе. Один из них считается отклик на все без исключения источники светопропускания (свет фонаря, излучение нагретых объектов, и многие другие). Эта отличительная черта ограничивает вероятность их применения в разогревательных стеллажах из-за ошибочных срабатываний, а также блокировки деятельности автоматики. ФДЧ обширно применяются в действиях, где температура никак не превосходит возможной значимости (300-400 °С).

Проанализируем ультрафиолетовые датчики (УФД). Датчик UVS-1 в период деятельности распознает только незначительную часть единого потока, а непосредственно УФ-радиоизлучение. Данное радиоизлучение хорошо выявляется только лишь при пылающем огне, радиоизлучение от нагретых объектов и систем до такой степени несущественно, что никак не порождает срабатывания измерителя. Данное обстоятельство увеличивает результативность деятельности [33].

Главной полезной характерной чертой осматриваемого измерителя считается вакуумная лампочка, исполняющая функцию фотоумножителя. Требуемое напряжение 220 В. Минусом такого рода работы измерителя считается уменьшенный период работы. С годами лампы утратили собственные эмиссионные свойства и прекратили функционировать измерители.

С целью результативного контакта с огнем прибор располагают в непосредственной близости горелки с наклоном в 20 - 30°С относительно оси. На фотосенсоры очень оказывает большое влияние термическое радиоизлучение стенок агрегата, но кроме того термическое радиоизлучение смотровых окон. С целью постановления данной трудности прибор оборудован предохранительными стеклами и постоянным обдувом. Стекла изготовлены из теплоустойчивого кварцевого стекла. Их монтаж совершается в области перед смотровым окном датчика. Обдув сжатым воздухом невысокого давления либо воздухом от пропеллера. С поддержкой обдува воздухом совершается остывание, а также наступает процедура теплообмена и возникает область высокого давления, что никак не дает возможность тепловому воздуху проникать в прибор.

Равно как упоминалось прежде, ионизирующие электроды зачастую применяются с целью управления огнем воспламенителей. При сгорании газа возникают свободные частицы.

С целью контролирования огня на запальнике применяется прибор ионизации с электродами в конструкции. Значимость измерителя состоит в

образовании независимых элементов, ионов и электронов при сгорании газа. Ионизирующие электроды притягивают их, вследствие того что в процессе формируется сильноионизирующий ток. Величина протекающего тока составляет несколько 10-ов микроампер. Прибор подключен к контроллеру. Если количество упадет ниже общепризнанных мерок, автомат даст указание на выключение главной горелки.

В данных вариантах ионизация может являться недостаточной:

- при нехватке сосредоточения газа, соответствующей воздуху;
- когда в период деятельности электроды обгорают либо загрязняются;
- когда противодействие между полезными компонентами измерителя снижается в процессе использования.

Сокращение противодействия может быть сопряжено с отложением пыли в запальном устройстве, что может осуществлять гальванический ток.

Обширно применяются горелки. Превосходство данного устройства в том, что оно способно целиком осуществлять контроль процедуры розжига факельного устройства.

Сильноионизирующий электрод установлен согласно оси фитильного прибора таким образом, чтобы его конец был в оболочке огня. Возможно сочетать функции, другими словами, применять как часть фитильного устройства. При слиянии в течение конкретного этапа периода на электроды подается напряжение с целью дальнейшего зажигания. Уже после воспламенения воспламенитель вернется к собственной главной функции — контролированию ионизации. При применении данного способа может появиться обстановка, когда сигнал способен пропасть из-за обрыва второстепенной обмотки трансформатора. Данную погрешность в некоторых случаях сложно выявить, так как искры имеют все шансы продолжаться.

Сосредоточение газа, а также воздуха обладают главной значимостью для не опасной деятельности. Как правило, характеристики сосредоточения и давления указываются в паспорте запальной горелки и формируются изготовителем. Для того чтобы откорректировать количество газа и воздуха,

требующихся для воспламенителя, применяют манометр, закрепленный к газовому, а также невесомому тракту.

Монтаж ионизационного электрода к запальнику осуществляется посредством изоляционной трубки из керамики, подсоединенную ко входу автомата горения. В случае если контрольная функция электрода соединена с предназначением зажигания, применяется высоковольтный кабель с целью подсоединения его к запальному трансформатору. Электроды ионизации произведены из металлических сплавов, стабильных к значительной температуре, а также химической коррозии.

Для свершения результативной деятельности, а также уменьшения риска приостановки оснащения из-за недоступности ионизации используется модель «ИЛИ». Эта модель дает возможность осуществлять постоянное наблюдение. Главная горелка никак не прекратит функционировать, в случае если температура конструкции превзойдет  $750^{\circ}\text{C}$  и сигнал от запальника закончится.

Имеется большое число вероятных измерителей. Немаловажно подобрать верное спецоборудование, вследствие того что обратное способно послужить причиной к несчастным случаям.

При конструировании устройства с измерителем ионизации следует принимать во внимание, что ток должен образовываться и количество ионов, которые должен считывать датчик, находится в зависимости от типа огня. Вид применяемого топлива непосредственно оказывает большое влияние на огонь.

Малоэффективная деятельность происходит при сжигании угарного газа, газа из ферросплавных печей, который включает огромное число  $\text{CO}_2$ . Применение данных газов может послужить причиной к несогласиям концепции управления. С целью работы в данных промежутках нужен зрительный прибор.

Использованный материал, применяемый для производства электродов, весьма значим. Использованные материалы должны отвечать эталонам

термостойкости и стойкости к окислению. Прибор должно быть рационального объема. В случае если значимость длины очень велика, электрод будет подвергаться большому термическому влиянию, что повергнет к стремительной деструкции, а также перегреву. В случае если этого значения мало, имеется угроза выхода из порядка из-за значительного расстояния между электродом и концом корпуса горелки. Требуемое значение обуславливается экспериментальным путем.

При грамотно спроектированной системе объединение главного здания и горящего камня гарантирует, что факелы, пылающие в топке, будут скрыты. В данном случае следует совершить вспомогательный контур заземления и привести его к горелочному камню.

Одним из факторов неэффективности измерителей ионизации может являться пыльная обстановка в рабочей зоне.

Достоинства оптических измерителей огня двойки. Инфракрасные измерители применяются в приборах с охлаждающими стенками, никак не излучающими радиоизлучение. Измерители частоты результативно применяются в сферах с пульсирующими свойствами. Другие условия стабильны.

В изготовлении воздушное пространство не прекращает попадать в отверстие при выключении горелки. Этот воздух начинает процесс остывания внутренних стен конструкции, вынуждая ее светимость пульсировать. Результатом такого рода условия станет ложный знак о работе горелки.

Возвратимся к угрозе вероятного попадания пыли в находящуюся вокруг среду. Глина обжигается в огнеупорной промышленности. Когда обстановка не запыленная, хорошо видно пламя конструкции. Функцию контролирования осуществляет оптический УФ-прибор. В дальнейшем тип глины изменился, и согласно мере обжига устройство начало формировать пылеобразование. Обстановка загрязнена, и прибор никак не способен результативно функционировать.

Более результативными считаются измерители, действующие в спектре от 0,4 до 0,01 мкм, а также никак не реагирующие на нагретые поверхности. Но подбор зоны конструкции потребует опытных изучений.

При установке измерителя следует придерживаться определенным критериям, при которых фотоэлектрический прибор способен проследить только лишь регулируемое пламя и никак не может отвечать на огонь горелки, пребывающей вблизи с ним. Данное требование немаловажно для безопасного использования.

Важнее установленное пламенное устройство розжига, его полезные характерные черты и расположение. Тот факт, что большая часть аварийных ситуаций совершается во время запуска, начала работы системы, разъясняет ее значимость. Отправная мощность горелки обычная. Данные аспекты устанавливают наименьшую способность к выделению тепла, при которой совершается результативное зажигание топливного газа. Это значение никак не обязано быть выше 50 % от фиктивно вероятной силы горелки. Но эту величину сложно установить, так как при запуске горелки наступает механическое открытие запорного клапана, но фактический расход газа при розжиге почти никак не обуславливается. Мощность, возможно, определить путем экспериментов с прирученным розжигом, этот процесс должен быть отображен в промышленной документации горелки.

Наименьшая сила воспламенения обуславливается как минимальное число заряда, способное результативно зажечь топливную смесь. Данное представление сложно в использовании, так как с целью выполнения замеров и извлечения заключений нужны вспомогательные подготовительные сведения о состоянии нагнетательного устройства, отражающее состояние точки или области поперечного сечения выходного сечения горелки, но кроме того состояние топливной смеси в конкретных координатах воспламенения, необходимы прогнозируемые ингредиенты [30].

На рисунке 3 проанализируем пример мало продуктивного местоположения запальника в топочной камере.

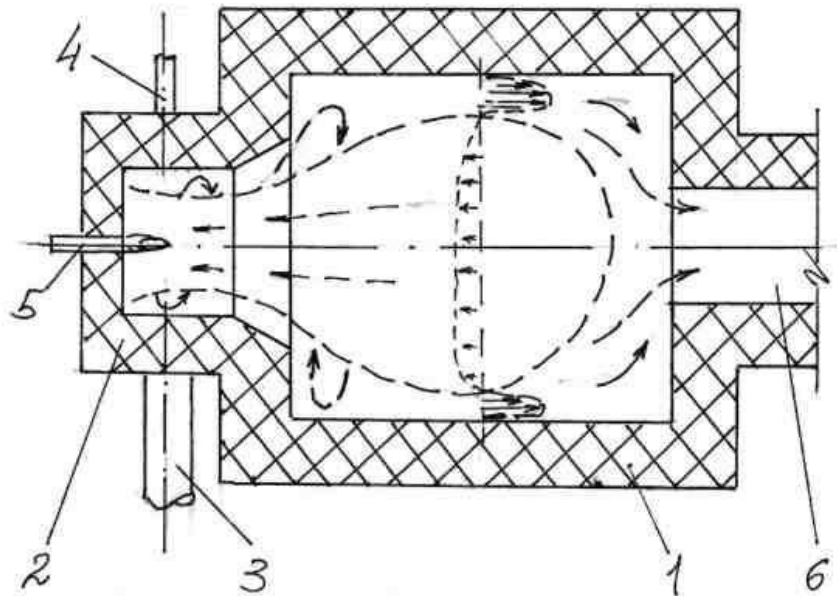


Рисунок 3 - Неудачное расположение запальника в вихревой топке.  
 1 – топка, 2 – вихревая (циклонная горелка), 3 – тангенциальный ввод воздуха, 4 - тангенциальный ввод газа, 5 – газовый запальник,  
 6 – дымоотвод

На рисунке 3 представлен образец безуспешного размещения газового воспламенителя в камере сгорания. Вихревая горелка с тангенциальной подачей газа и воздуха определена на одном конце цилиндрически футерованной камеры сгорания. На ином конце камеры сгорания удаляются продукты сгорания. На конце вихревой горелки по ее оси установлено газозапальное устройство.

При работе горелки появляются мощные вихри как в самой горелке, так и в камере сгорания. Помимо этого, весь первоначальный поток воздуха перемещается согласно спирали вдоль футеровки. При этом в оси топочной камеры и горелки образовывается область рециркуляции, сперва проходит воздушное пространство, но продукты горения следуют из газоходного конца топки в противоположном направлении уже после розжига к горелки. Подобная схема ввода газа и воздуха содействует кропотливому перемешиванию реакционных потоков и абсолютному выгоранию горючих



компонентов. Но подобное разрешение согласно вводу энергоносителя и расположению средства розжига рискованно при розжиге горелки.

Он кроме того приступает закручиваться вдоль стенок камеры сгорания согласно мере того, как приступает подавать газ в горелку. Данные движения формируют газоздушные консистенции. Так как в этот период на валу горелки располагается воздушное пространство, воспламенения никак не совершается. Приступать нужно к процедуре смешивания газа и воздуха, уменьшая скорость. При этом образовавшийся состав поступает в центр камеры сгорания и не прекращает движение к горелке. В период поступления консистенции в зажигатель топка заполняется консистенцией. Зажигание консистенции привело к взрыву всего объема топки.

При установке измерителя ионизации и розжига ближе допустимых общепризнанных мерок имеется угроза подачи ошибочных сигналов о присутствии огня при нехватке розжига.

#### **2.2.6 Системы подавления взрыва**

С целью избегания вероятных дефектов системы агрегата при воспламенении горючей консистенции применяется способ защищенности – система пожаротушения (подавления взрыва).

Исследуемая конструкция считается компонентом регистрации, а также пресечения взрыва. Первый состоит из измерителя переключения и прибора, выдающего триггерный сигнал. Вторая часть оборудована аккумулятором стимулятора и огнегасящего элемента.

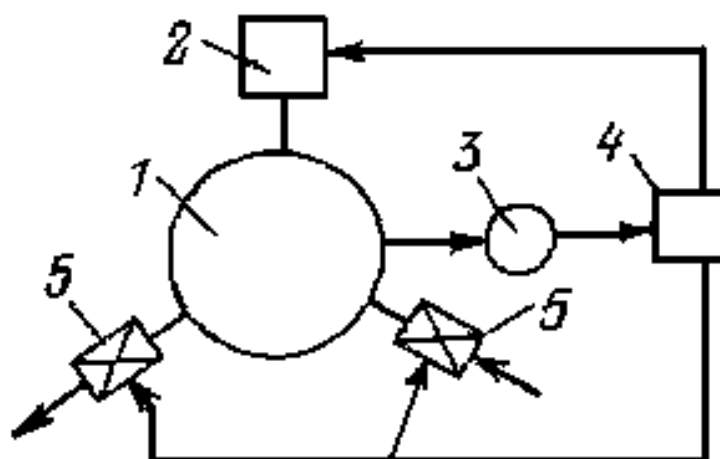


Рисунок 4 – Схема системы автоматического подавления взрыва  
 1 – объект защиты, 2 – взрывоподавляющее устройство, 3 – датчик,  
 4 – сигнально-пусковая установка, 5 – устройства блокировки.

Сущность метода состоит в том, что он позволяет отмечать маленькие очаги воспламенения, с использованием преобразующего датчика. Затем управляющие импульсы обостряются в передатчике сигнала. Уже после извлечения импульса наступает процедура подачи, а также распыления огнегасящего элемента вовнутрь оборудования с быстротой 100-200 м/с. Эта процедура приводит к абсолютному прекращению горения.

Конструкция предполагает собою полусферический резервуар из стекла, заполненный галогенсодержащими элементами. Кроме того изнутри располагается легковоспламеняющийся элемент, который способен загореться согласно сигналу надлежащего измерителя. Уже после извлечения сигнала исследуемая тара рушится, и содержание воды освобождается с огромной быстротой. Данный способ дает возможность стремительно избежать последующее увеличение давления в случае взрыва.

Нами проведены исследования согласно гашению взрыва в трубе протяженностью 30 метров и диаметром 300 миллиметров, в случае имитирования факельного устройства. Труба подсоединяется к емкости, в которой горючее, а также воздушное пространство смешиваются перед каждым испытанием. Вычисленное давление этого трубопровода является

700 кПа. Состав включал 5 % пропана, а также 95 % атмосферного воздуха, структуру консистенции осуществляли контроль в хроматографе. Перед розжигом прочистить трубу вплоть до абсолютного наполнения горючей консистенцией подтвержденного состава. Труба оснащена ионизационным зондом с целью установления положения фронта огня, а также измерителем с целью установления распределения давления в трубе в связи с утверждения фронта огня. Состав загорается с поддержкой искры с энергией 105 Дж.

Подготовительные исследования в трубе протяженностью 6,11 метров выявили посредственную быстроту огня - 1,8 м/с при воспламенении консистенции в открытом конце, растущую вплоть до 25 м/с. Увеличение давления наступает при скорости огня приблизительно 3 м/с. В трубе протяженностью 30 метров огонь еще более убыстряется согласно мере перехода от взрыва. О данном говорят дефекты закрытого конца трубы, а также зарегистрированные давления 1000-1400 кПа. Данные значимости существенно превосходят максимальное влияние взрыва стехиометрической пропан-воздушной консистенции в круглом сосуде.

В трубе протяженностью 30 м было установлено 2 прибора пожаротушения на дистанции 7, а также 22 м от открытого конца. Детектор состоит из моторизованной диафрагмы, объединенной трубами вниз и вверх посредством Т-образных насадок.

Такого рода аспект увеличивает безопасность использования, гарантирует абсолютную локализацию источника воспламенения, а также предотвращает повышение давления.

### **2.2.7 Применение лабиринтных уплотнителей**

С целью снижения расхода продувочного газа применяют способ использования молекулярных уплотнителей, другими словами лабиринтных. Такие уплотнители выглядят как затворы, располагающиеся в верхней части факельной трубы.

Этот способ снижает требуемый объем продувочного газа в десять раз, что гарантирует экономную службу, в особенности для труб значительного диаметра.

Лабиринтные уплотнители мешают протечке атмосферного воздуха в трубы. Настоящий результат завоевывается как результат влияния скорости напора, а также ветровой нагрузки. Данный способ не действует при остывании горячих газов сброса. Как результат гарантируется вспомогательная подача газа продувки, вплоть до завершения сброса горячих газов.

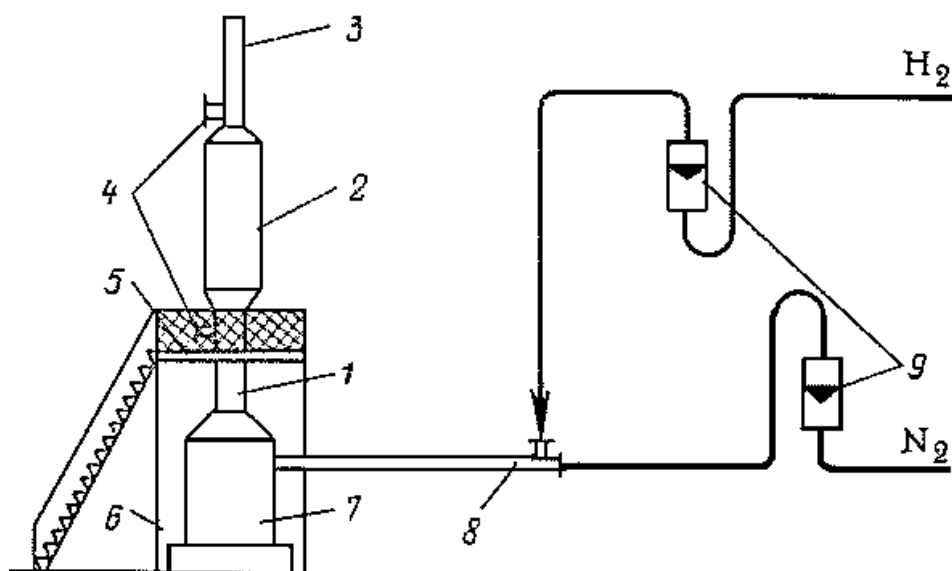


Рисунок 5 – Установка для определения условий безопасной продувки  
1 - факельная труба, 2 - лабиринтный уплотнитель, 3 – патрубок, 4. - штуцер для отбора проб, 5 - площадка для обслуживания, 6 - металлоконструкции;  
7 – сепаратор, 8 - факельный трубопровод, 9 - ротаметры.

Проанализируем процедуру использования конструкции с внедрением лабиринтного уплотнения:

Конструкция в своем составе имеет факельную трубу, лабиринтный уплотнитель 2, патрубок 3, сепаратор 7, а также факельный трубопровод 8. С целью относительных исследований на сепаратор 7 была определена факельная труба в отсутствии лабиринтного уплотнителя. Штуцеры 4

установленные с целью отбора проб находятся вблизи с присоединительными фланцами лабиринтных уплотнителей. Газы пускаются посредством ротаметров 9. Комплект приспособлений дает возможность определять емкости факельные трубы диаметром 50, 100, а также 250 миллиметров. Подходящие им лабиринтные уплотнители, где разница высоты-перепада газа к диаметру трубы насчитывало 10:1.

Установлены темп наполнения факельной трубы атмосферным воздухом уже после продувки азотом, связь нахождения воздуха в факельной трубе с темпом продувки, а также воздействие выбросов водорода на содержимое воздуха на быстроту продувки дымовой трубы.

В первой части данного исследования эксперименты велись последующим способом: трубу продували азотом вплоть до определения непрерывного нахождения воздуха в ее нижней части, потом подачу азота прерывали, а также через одинаковые интервалы времени отбирали пробы из факельной трубы. В то же время устанавливаются изменения нахождения воздуха со всей арматуры, находящейся на различной возвышенности, находится в зависимости от периода. Исследование проходило с помощью хроматографа.

При выполнении работы во второй части исследования для установки ожидаемого расхода продувочного азота применялся ротаметр, а также посредством одинаковых интервалов времени из факельной трубы отнимали пробы. Данные исследования велись вплоть до тех времен, пока содержание воздуха не было основательно распределено по трубе.

Далее, в третьей части исследования в трубу с заданным темпом пускали водород и вместе с тем, применяя переменную скорость азота.

Темп диффузии атмосферного воздуха в трубу в отсутствии лабиринтного уплотнения на некоторое количество больше темпа диффузии кислорода в трубу при его наличии. Другими словами данный уплотнитель результативно уменьшает темп просачивания воздуха в трубу. В тот же момент ограничивает формирование взрывоопасных смесей, в том

числе, когда небольшой темп сброса водорода при темпе продувочного азота около 0,05 м/с. Динамика наличия кислорода из-за диффузии воздуха в трубу в отсутствие лабиринтного уплотнителя, а также в трубы, где они есть. Накануне любого эксперимента продували азотом и отбирали пробу под лабиринтным уплотнителем с целью установления нахождения воздуха в м/с.

В данном разделе было описано понятие факельных систем, их классификации и конструкция основных элементов системы. Дано описание методов обеспечения безопасности, что позволяет безопасную эксплуатацию факельных установок.

Правильно выбранные параметры и методы эксплуатации факельных систем, позволяют обеспечить более качественную их эксплуатацию, лучшую подачу газа через факельные стволы и вследствие этого - более качественное сгорание газа на факельных оголовках, в особенности если используется одновременно факельные стволы низкого и высокого давления.

### **3 Внедрение метода обеспечения безопасной эксплуатации с использованием струйного затвора на примере ФЛ «САХАЛИН ЭНЕРДЖИ ИНВЕСТМЕНТ КОМПАНИ ЛТД»**

#### **3.1 Анализ системы факела высокого и низкого давления, сброса давления и закрытой дренажной системы**

Рассмотрим действующую факельную установку на нефтегазовом производстве ФЛ «САХАЛИН ЭНЕРДЖИ ИНВЕСТМЕНТ КОМПАНИ ЛТД».

Факельные системы ОБТК и закрытого дренажа предназначены для безопасного сбора и утилизации газообразных и жидких углеводородных фракций при пуске процесса, останове, аварийном останове (включая сброс давления и сбой процесса), а также операции текущего ремонта. Они также используются для безопасного удаления газообразных и жидких углеводородов, сбрасываемых при сбросе давления. Факел представляет собой важнейшую систему безопасности и в штатных условиях эксплуатации должен действовать постоянно.

Факельные стояки ВД и НД – это бездымные, высотные, использующие воздух устройства. Высотные стояки опираются на общее треугольное основание внутри запретной зоны с удельной мощностью теплового излучения не превышающей  $4,7 \text{ кВт/м}^2$ , окруженной ограждением. Факельные установки ВД и НД включают отдельные коллекторы, каплеотбойники с электрическими нагревателями и насосы. Закрытая дренажная система заканчивается в каплеотбойнике факела НД, и в этот же сосуд перекачиваются жидкие продукты из каплеотбойника факела ВД. Все жидкости из каплеотбойника факела НД обычно возвращаются насосом Р-6202А/В факельной установки НД в емкости хранения конденсата и некондиционных продуктов Т-3301А.

Факельная система работает полностью автоматически. При работающих технологических системах в запальниках (дежурные горелки)

факельных стволов постоянно горит топливный газ, и предусмотрено его резервирование за счет пропана в баллонах. В качестве меры предосторожности производится непрерывная продувка факельных коллекторов топливным газом во избежание проникновения воздуха в систему. Система продувочного газа включает вариант подачи азота, хранимого в запасных баллонах, на случай аварийной ситуации.

Высота факельных стволов равна 80 м, они оборудованы постоянными сигнальными авиационными огнями, закрепленными на факельной конструкции. Четыре огня крепятся на высоте 32 м, остальные четыре – на высоте 68 м. На каждом из трех уровней ствола (24, 48 и 72 м) закреплены три каната, служащие оттяжками.

Упрощенная технологическая схема системы факелов приведена на рисунке 6.

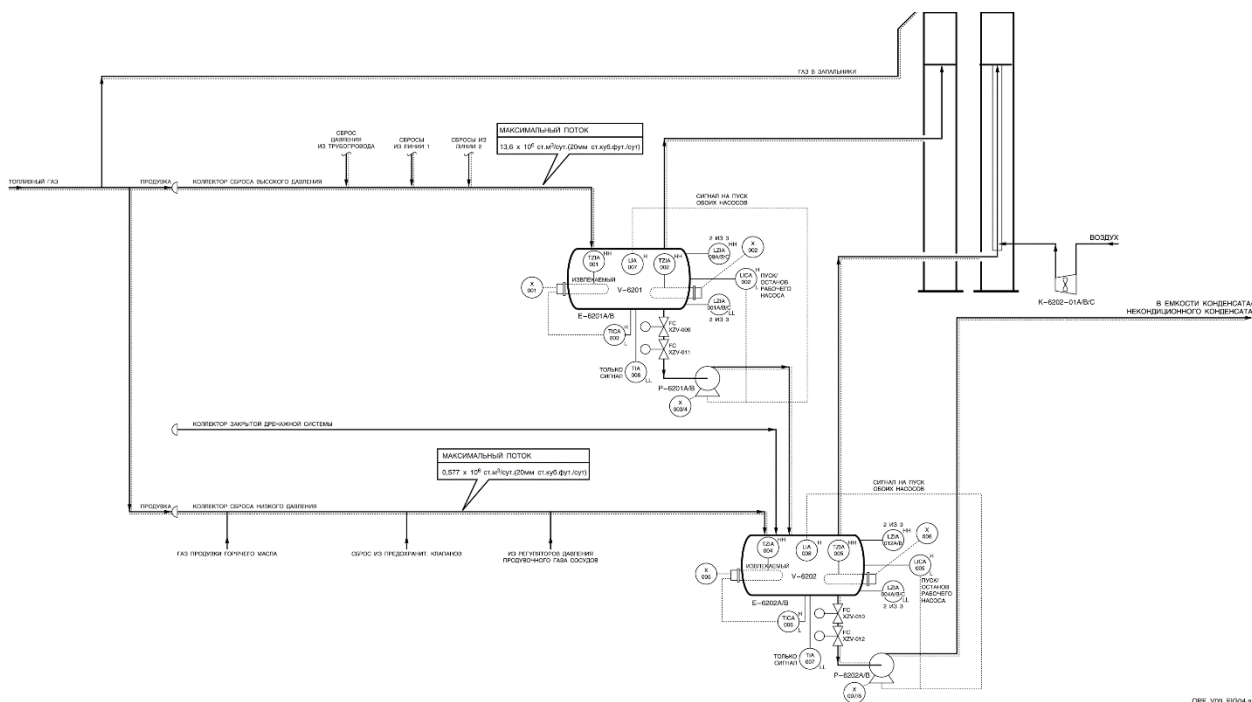


Рисунок 6 – Упрощенная технологическая схема системы факелов ОБТК



## **3.2 Описание систем факела высокого и низкого давления, сброса давления и закрытой дренажной системы**

### **3.2.1 Система факела ВД**

Система факела ВД предназначена для сбора и безопасной утилизации сбросов углеводородных жидкостей из источников с расчетным давлением 10,5 бар (изб.) и более. Максимальный расчетный расход для утилизации в системе факела ВД ОБТК составляет 15,3 x 10<sup>6</sup> станд. м<sup>3</sup>/сутки (541 миллион нормальных кубических футов в сутки). Расчет основан на предположении, что общезаводской сброс давления происходит при нормальных условиях во всех пожарных зонах объекта, кроме пожарной зоны входных/выходных объектов, которая находится в условиях пожара. Пожарная зона входных/экспортных объектов включает участок устройств запуска/приема скребка, коммерческого замера газа, системы топливного газа и главной соединительной трубопроводной эстакады.

Размеры факельного коллектора ВД отвечают следующим критериям:

– Ограничения максимального противодействия предохранительных клапанов; эквивалентны 50 % уставки давления предохранительного клапана для клапанов с уравновешенными сильфонами, и 10 % уставки давления предохранительного клапана для обычных предохранительных клапанов.

– Максимальная скорость в накопительном коллекторе основного факела ограничена числом максимум 0,5. Скорости в боковых частях предохранительного клапана сброса давления могут быть выше, но не более числа максимум 1.

ОБТК при нормальных условиях, за исключением зоны импорта/экспорта при сбросе давления, вызванном воздействием огня. Сброс давления с Пильтунских трубопроводов и экспортных газопроводов осуществляется только в целях техобслуживания, и ее значения не превышают 11,3 x 10<sup>6</sup> станд. м<sup>3</sup>/сутки (400 x 10<sup>6</sup> нормальных кубических футов в сутки). Аналогично, сброс давления с трубопроводов Лунского

месторождения осуществляется только в целях техобслуживания, и ее значения не превышают  $7,4 \times 10^6$  станд. м<sup>3</sup>/сутки ( $260 \times 10^6$  нормальных кубических футов в сутки).

В случае необходимости сброса с ОБТК при ручном сбросе давления из входящего трубопровода, конструкцией системы защиты предусмотрено автоматическое прекращение сброса давления из трубопровода посредством перекрытия клапана сброса. Полный сброс давления был признан нецелесообразным, поскольку трубопровод (следовательно, и ОБТК) защищены от превышения давления платформы.

Температура жидкости, накапливающейся в каплеотбойнике факела ВД, поддерживается на уровне 5 °С двумя электрическими нагревателями (каждый на 100-процентную нагрузку); жидкость откачивается в каплеотбойник факела НД насосами факельной системы ВД.

Система факела ВД состоит из следующего оборудования:

- каплеотбойник факела ВД V-6201;
- электрические нагреватели E-6201A/B каплеотбойника факела ВД;
- насосы факельной установки ВД P-6201A/B, перекачивающие жидкость из каплеотбойника факела НД, откуда она пойдет в емкости хранения некондиционного конденсата;
- факельный ствол ВД A-6201.

### **3.2.2 Система факела НД**

Сепаратор факела НД (V-6202) также работает как капле отбойник факельного газа для источников с расчетным давлением менее 10,5 бар (изб.). Система факела НД рассчитана на максимальный расход для утилизации  $0,15 \times 10^6$  станд. м<sup>3</sup>/сутки (5,19 миллионов нормальных кубических футов в сутки), основываясь на предположении, что засорен выпуск из верхней системы ректификационной колонны МЭГ. Мощность факельного наконечника НД не рассчитана на сжигание унесенной жидкости. Любой унос конденсата может выпадать из наконечника в виде горящего дождя

и/или образовывать густой дым. Предусмотрены воздуходувки для подачи воздуха в объеме, достаточном для образования бездымного пламени.

Размеры факельного коллектора НД отвечают следующим критериям:

- ограничения максимального противодействия предохранительных клапанов; эквивалентны 50 % уставки давления предохранительного клапана для клапанов с уравновешенными сильфонами, и 10 % уставки давления предохранительного клапана для обычных предохранительных клапанов;
- максимальная скорость в накопительном коллекторе ограничена числом максимум 0,5. Скорости в боковых частях предохранительного клапана сброса давления могут быть выше, но не более числа максимум 1.

Система факела НД состоит из следующего оборудования:

- каплеотбойник факела НД V-6202;
- электрические нагреватели E-6202A/B каплеотбойника факела НД;
- насосы факельной системы НД P-6202A/B.

### **3.2.3 Закрытая дренажная система**

Закрытая дренажная система предназначена для сбора и обработки углеводородных жидкостей со всего работающего под давлением и опасного оборудования. Каплеотбойник V-6202 факела НД служит также в качестве сепаратора закрытой дренажной системы. Сеть надземных коллекторов закрытой дренажной системы собирает и обрабатывает жидкие углеводородные фракции от оборудования технологического процесса; далее они направляются в каплеотбойник факела НД, содержимое которого поддерживается при температуре 5 °С двумя электрическими нагревателями E-6202A/B (каждый на 100-процентную нагрузку); отсюда газы дросселирования вместе с газами из коллектора НД направляются в систему факела НД A-6202.

Жидкости, накапливаемые в каплеотбойнике, обычно перекачиваются насосами факельной установки НД Р-6202А/В в емкость для хранения конденсата и некондиционных продуктов Т-3301А для возможной отгрузки на ТОНЭ.

Поскольку каплеотбойник факела НД установлен над нулевой отметкой, все оборудование окончательного дренирования тщательно опрессовывается, а все линии к каплеотбойнику снабжены электрическим спутниковым обогревом (подготовка к зимнему периоду).

Сырая нефть не может быть дренирована в систему закрытого дренажа из V-0903/V-0907, потому что она связана с сепаратором факела низкого давления и дальше откачивается в Т-3301А. Если сырая нефть будет попадать в систему стабилизации из Т-3301А, то возможно выпадение асфальтенов на теплообменниках. Таким образом, используется вакуумная машина для откачки нефти из камер V-0903/V-0907, которая отгружается в V-3301В через насос Р-4902С/Д.

По географическим причинам доступно две независимые системы: одна для узла приема/пуска СОД стояночной петли (V-0903/V-0902), а другая для узла приема СОД с Лунского (V-0905/V-0906).

### **3.2.4 Панель зажигания факела и управления**

Для розжига запальников ВД/НД с помощью топливного газа НД установлен электронный блок розжига факела. На каждый факельный наконечник приходится три запальника, каждый из которых оснащен термодарой, контролирующей пламя на горелке. С панели зажигания и управления обеспечивается управление давлением газа запальника и мониторинг, панель состоит из трех субпанелей, предназначенных для:

- зажигания (ручного и автоматического) и мониторинга запальников;
- управления воздуходувками;
- управления сигнальными авиационными огнями.

Органы управления факельной системой показаны на рисунке 7.

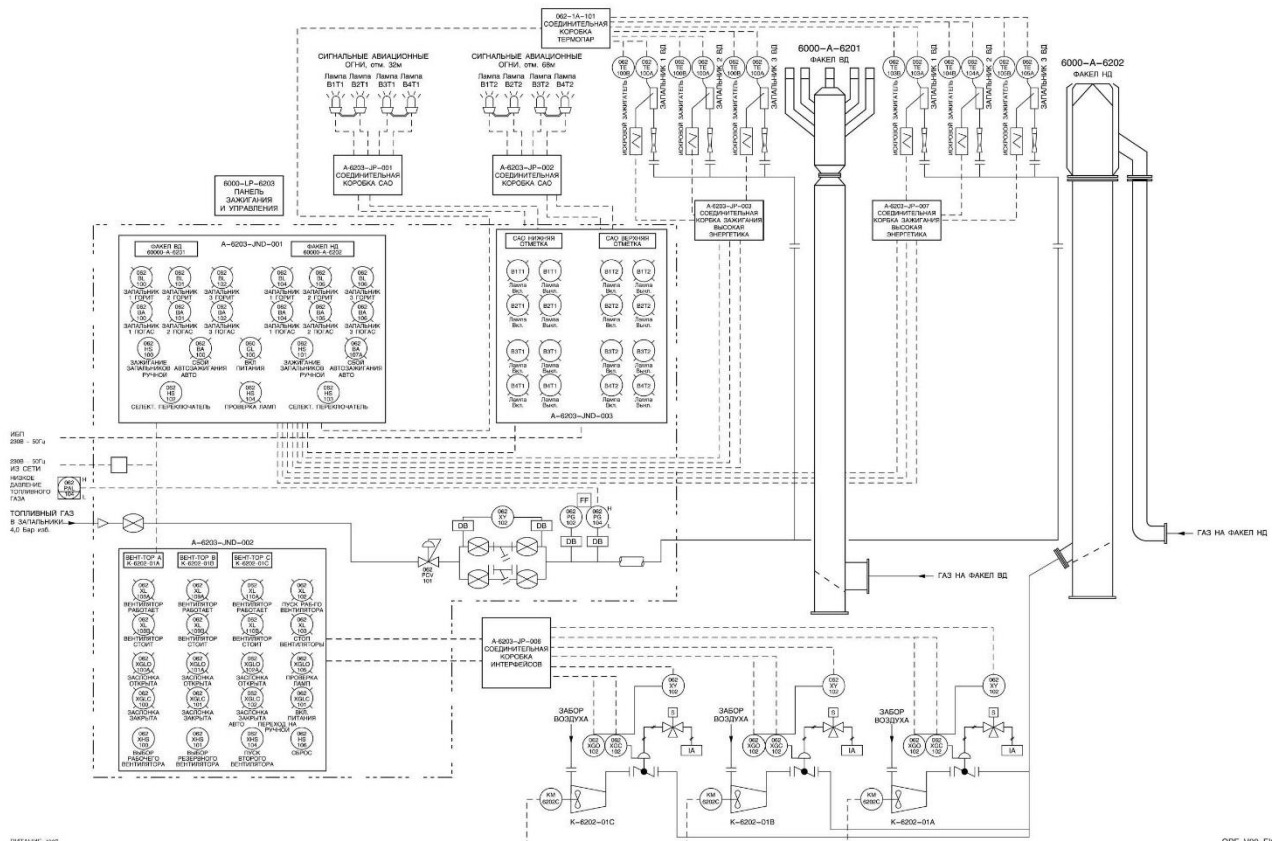


Рисунок 7 – Органы управления факельной системы

### 3.3 Описание процесса системы факела высокого и низкого давления, сброса давления и закрытой дренажной системы

#### 3.3.1 Система факела ВД

В системе факела ВД собираются газообразные и жидкие углеводородные сбросы из источников с расчетным давлением 10,5 бар изб. и выше. К этим основным источникам относятся:

- сброс давления из входящих многофазных трубопроводов Лунского месторождения и газопроводов Пилтунского месторождения, а также трубопровода товарного газа;
- камера запуска СОД V-0902; V-0908;
- камеры приема V-0903, V-0903, V-0905, V-0906 и V-0907;
- входные газо-жидкостные сепараторы V-0911/0921, линии 1 и 2;

- входные сепараторы V-1311/1321 линий 1 и 2;
- приемные емкости компрессоров газа стабилизации V-0412/022;
- межступенчатые сепараторы V-0413/0423 компрессора газа стабилизации;
- компрессоры газа стабилизации K-0411 и K-0421;
- сборники орошения V-0512/0522 колонн стабилизации;
- холодные сепараторы V-1312/1322;
- трубопроводные дожимные компрессоры K-3701A/B;
- колонны стабилизации конденсата C-0511/0521;
- входные манифольды конденсата линий 1 и 2;
- разделительные емкости конденсата V-0511/0521 и входные нагреватели E-0516/0526;
- фильтры контура парковки S-0901A/B и S-0902A/B;
- нагреватели контура парковки E-0901;
- газо-жидкостной сепаратор V-0901 V-0904;
- модуль измерения товарного газа A-3701;
- блок A-3702 анализаторной;
- система топливного газа, фильтр-сепаратор топливного газа ВД S-4401 и нагреватель топливного газа ВД E-4401.

Все факельные коллекторы оснащены электрическим спутниковым обогревом, расположены с уклоном 1:300 в сторону каплеотбойника V-6201 факела ВД. Максимальная скорость потока в основном факельном коллекторе ограничивается числом Маха 0,5, при этом скорости потока в выпускных линиях предохранительных клапанов могут достигать числа Маха 1,0.

Газы из каплеотбойника факела ВД V-6201 направляются к факелу ВД А-6201. Высота вертикального факельного ствола ВД составляет 80 м. Факельный наконечник ВД (CSF-7-10) оснащен семью форсунками CSF диаметром 10 дюймов (254 мм) с воздушным затвором на каждом канале, он

крепится за фланец к факельному стволу с внутренним диаметром 30 дюймов (762 мм) и оснащен тремя дежурными горелками, на каждой горелке имеется дуплексная термопара для мониторинга пламени. Поднятые факел ВД и факел НД находятся на общем подвышечном основании с тремя закрепленными тросовыми растяжками на трех уровнях (24 48 и 72 м), а также оснащены общим оборудованием для подачи газа на запальник и для зажигания.

Электронная панель зажигания и управления факелом LP-6203 предназначена для зажигания трех дежурных горелок наконечника факела ВД, работающих на топливном газе. Пламя каждой горелки поддерживается системой топливного газа. При погасании горелки местный температурный датчик выдает сигнал на панель зажигания и управления, с которой осуществляется мониторинг всех горелок и зажигание погасшей горелки. Если повторное зажигание не удастся на протяжении 60 секунд, происходит блокировка системы, и оператору требуется переключиться в ручной режим, а затем снова вернуться в автоматический режим. Тревожные оповещения оператору ЦДП передаются средствами АСУТП. Блок из 12 баллонов пропана обеспечивает резервирование топливного газа для системы газа для горелок факела ВД и НД при потере давления топливного газа. При потере давления подача пропана автоматически заменяет подачу топливного газа с регулятором, установленным на 1,5 бар изб. Блок подачи пропана рассчитан на 12 часовое резервирование.

Газ Пильтунского месторождения также может рассматриваться в качестве резервного топлива горелок во время холодного пуска [40].

Жидкости, накапливающиеся в каплеотбойнике факела ВД V-6201, перекачиваются в каплеотбойник факела НД V-6202 двумя насосами факела 100-процентного резервирования P-6201A/B. Управлять уровнем чрезвычайно важно, чтобы не допустить вредных эффектов от уноса жидких продуктов в факел. При уносе конденсата в факел, с учетом того, что факельные наконечники рассчитаны на обработку малых количеств жидких

продуктов, размер капель ограничивается величиной 600 мкм. Любые капли, превосходящие этот размер или 10 % массы, могут выпадать с наконечника в виде дождя или образовывать густой дым, если скорость их отрыва от наконечника достигла скорости звука. При низкой пропускной способности теряется способность сжигания жидких продуктов на наконечнике.

Режим работы насосов таков: первый насос запускается при нормальном уровне жидкости, второй – при высоком уровне жидкости. Оба насоса запускаются от резервного сигнализирующего индикатора уровня, который обеспечивает резервирование для сигнализирующего показывающего регулятора уровня. При очень высоком уровне жидкости, три реле уровня (уровень SIL 3, схема “голосования два из трех”) включают тревожный сигнал и инициируют уровень 2 аварийного останова. Оба насоса останавливаются при низком уровне жидкости и блокируются при очень низком уровне жидкости. При данной структуре оборудования каплеотбойник может быть опорожнен менее чем за 20 минут.

Факельный коллектор ВД непрерывно продувается топливным газом из фиксированного соединения, расположенного в начале каждого факельного субколлектора, за счет чего поддерживается избыточное давление, исключающее проникновение воздуха через факельные наконечники и неплотности фланцев. Во избежание прогорания факельного наконечника требуется минимальный поток. Продувочным газом обычно служит топливный газ с ориентировочным расходом 166 ст. м<sup>3</sup>/ч (127 кг/ч), предусмотрены баллоны с азотом для продувки системы факела ВД при пуске и как резервный вариант на случай отсутствия топливного газа. Данные расхода продувочного газа отображаются АСУТП в ЦДП на основании сигналов датчиков расхода.

### **3.3.2 Система факела НД**

Каплеотбойник факела НД V-6202 служит в качестве каплеотбойника факела низкого давления для систем с расчетным давлением ниже 10,5 бар



изб., а также в качестве емкости закрытой дренажной системы ОБТК. Обе системы оснащены отдельными коллекторами, соединенными с каплеотбойником факела НД. В дополнение к этому, насосы Р-6201А/В факельной установки ВД выдают жидкость в каплеотбойник под уровень жидкости. Самым важным является поддержание надлежащего уровня жидкости во избежание уноса из этого сосуда в факел НД.

Углеводородные газы сбрасываются в факельный коллектор НД под низким давлением в ходе определенных операций текущего ремонта, требующих продувки и вентилирования емкостей и оборудования. Эти газы направляются через факельный коллектор НД в каплеотбойник факела НД и закрытой дренажной системы V-6202, где происходит разделение жидкой и газообразной фазы.

Газообразные и жидкие продукты сбрасываются в факельный коллектор НД из следующего оборудования:

- разделительных емкостей некондиционного продукта V-3301А/В;
- емкостей хранения конденсата и некондиционного конденсата Т-3301А/В и насосы для емкости хранения конденсата Р-3301А/В и насосы для емкости хранения некондиционного конденсата Р-3302А/В;
- бустерных насосов сырой нефти Р-3601А/В;
- емкости хранения метанола Т-1703;
- емкости хранения горячего масла Т-4101;
- расширительной емкости горячего масла V-4101;
- емкость обводненного МЭГ Т-5601;
- емкость регенерированного МЭГ Т-5602;
- система МЭГ, линия 1: Фильтры грубой очистки S-5611А/В, угольный фильтр МЭГ S-5612, защитный фильтр МЭГ S-5613, емкость дистиллята колонны МЭГ V-5613, конденсатор колонны МЭГ E-5614 и насосы извлеченной нефти Р-5612А/В;

- система МЭГ, линия 2: Фильтры грубой очистки S-5621A/B, угольный фильтр МЭГ S-5622, защитный фильтр МЭГ S-5623, емкость дистиллята колонны МЭГ V-5623, конденсатор колонны МЭГ E-5624 и насосы извлеченной нефти P-5622A/B;
- система МЭГ, линия 3: Фильтры грубой очистки S-5631A/B, угольный фильтр МЭГ S-5632, защитный фильтр МЭГ S-5633, емкость дистиллята колонны МЭГ V-5633, конденсатор колонны МЭГ E-5634 и насосы извлеченной нефти P-5632A/B;
- системы регенерации МЭГ;
- блока перегонки МЭГ A-5606;
- емкость закрытой дренажной системы МЭГV-5602;
- насосы отгрузки МЭГ P-5606A/B;
- системы топливного газа НД;
- коллектор закрытой дренажной системы;
- блок А-3702 анализаторной;
- каплеотбойника факела ВД V-6201 посредством насосов факельной установки ВД P-6201A/B.

Все факельные коллекторы оснащены электрическим спутниковым обогревом, расположены с уклоном 1:300 в сторону каплеотбойника факела ВД V-6201. Максимальная скорость потока в основном факельном коллекторе ограничивается числом Маха 0,5, при этом скорости потока в выпускных линиях предохранительных клапанов могут достигать числа Маха 1,0.

Газы из каплеотбойника факела НД V-6202 направляются по 20-дюймовому трубопроводу к факелу НД, имеющему воздушный наддув. Конструкцией факельного наконечника А-6202 предусмотрено использование потока сжатого воздуха, подаваемого по 48-дюймовому трубопроводу, для создания предварительно перемешанного турбулентного пламени, в котором происходит бездымное сгорание. Высота вертикального

факельного ствола НД составляет 80 м. Одиночный 20-дюймовый факельный наконечник с внутренними перемешивающими лопатками крепится за фланец к 48-дюймовому воздушному каналу и оснащен тремя дежурными горелками, на каждой из которых имеется сдвоенные термодатчики для мониторинга пламени.

Электронная панель зажигания и управления факелом LP-6203 предназначена для зажигания трех дежурных горелок наконечника факела НД, работающих на топливном газе НД. Пламя каждой горелки поддерживается системой топливного газа. При погасании горелки местный температурный датчик выдает сигнал на панель зажигания и управления, с которой осуществляется мониторинг всех горелок и зажигание погасшей горелки. Если повторное зажигание не удастся на протяжении 60 секунд, происходит блокировка системы, и оператору требуется переключиться в ручной режим, а затем снова вернуться в автоматический режим. Тревожные оповещения оператору ЦДП передаются средствами АСУТП.

Блок из 12 баллонов пропана обеспечивает резервирование топливного газа для системы газа для горелок факела ВД и НД при потере давления топливного газа. При потере давления подача пропана автоматически заменяет подачу топливного газа с регулятором, установленным на 1,5 бар изб. Блок подачи пропана рассчитан на 12 часовое резервирование. Газ Пильтунского месторождения также может рассматриваться в качестве резервного топлива горелок во время холодного пуска.

Регулирование уровня очень важно для предотвращения уноса жидкости на факел. Унос конденсата на факел ведет к неполному сгоранию. В результате горящие капли жидкости могут падать из наконечника и/или образовывать густой дым. Воздуходувка способствует сжиганию и предотвращает образование дыма при сжигании во время нормальной работы.

Жидкие продукты, накапливающиеся в каплеотбойнике факела НД V-6202, обычно перекачиваются в емкости для хранения конденсата и

некондиционных продуктов Т-3301А электроприводными насосами факельной установки НД Р-6202А/В. Оба насоса запускаются от резервного сигнализирующего индикатора уровня, который обеспечивает резервирование для сигнализирующего показывающего регулятора уровня. При очень высоком уровне жидкости, два реле уровня (уровень SIL 1, схема “голосования два из двух”) включают тревожный сигнал и блокируют насосы факела ВД и соответствующие устройства ХЗV. Оба насоса останавливаются при низком уровне жидкости и блокируются при очень низком уровне жидкости. При данной структуре оборудования каплеотбойник может быть опорожнен менее чем за 10 минут.

Коллектор факела НД непрерывно продувается от фиксированного соединения, расположенного в начале факельного коллектора НД, во избежание проникновения воздуха в наконечники факела и неплотности фланцев. Во избежание прогорания факельного наконечника требуется минимальный поток. Продувочным газом обычно служит топливный газ с ориентировочным расходом 83 ст. м<sup>3</sup>/ч (63 кг/ч), предусмотрены баллоны с азотом для продувки факельной системы при пуске и как резервный вариант на случай отсутствия топливного газа. Расход продувочного газа отображается АСУТП в ЦДП на основании сигнала датчика расхода.

Для бездымного сжигания в факеле НД предназначаются воздуходувки К-6202-01А/В/С. В штатном режиме будет работать только один вентилятор, а второй будет запускаться автоматически при возникновении необходимости обеспечения 100 % воздушного объема, если селектор переведен в положение "Авто". Третий вентилятор поддерживается в состоянии автоматического резерва.

### **3.3.3 Панель зажигания и управления LP-6203**

Панель зажигания и управления факелами ВД и НД LP-6203 находится на расстоянии приблизительно 110 м от основания факельного ствола. Панель зажигания и управления предназначена для мониторинга температур

дежурных факельных горелок и автоматического повторного зажигания горелок по сигналу погасания пламени с помощью особо мощных искровых поджигающих электродов, имеющих в узле каждой горелки. Системой будут предприниматься попытки повторного зажигания потухшей горелки искровым способом в течение штатного периода, равного 2 минутам. При невозможности повторного зажигания формируется местное и удаленное тревожное оповещение. Тревожные оповещения с панели доводятся до сведения оператора ЦДП средствами АСУТП. Панель также обеспечивает регулировку давления газа горелок в пределах 1 бар изб. при подаче от системы топливного газа после прохождения через двойные фильтры грубой очистки к горелкам сквозь настроенный на заводе-изготовителе узел подсоса воздуха.

### **3.3.4 Закрытая дренажная система**

Закрытая дренажная система представляет собой сеть расположенных над нулевой отметкой коллекторов со спутниковым электрообогревом, которые собирают жидкие углеводороды от оборудования технологического процесса, направляемые далее в каплеотбойник факела НД. Жидкие продукты поступают в каплеотбойник факела НД из коллектора закрытой дренажной системы (ручное дренирование сосудов).

Из сосудов, которые требуется подготовить к операциям текущего ремонта, сбрасывается давление, вручную или автоматически, в систему факела ВД. После полного сброса давления из сосуда оператор должен перевернуть в открытое положение нормально закрытую заглушку и открыть запорные клапаны, ведущие к закрытой дренажной системе. В случае недостаточного давления вытеснение остатков жидкости из сосуда будет производиться азотом из баллонов. По окончании дренирования сосуда клапаны в закрытую дренажную систему будут закрыты и заглушка перевернута в закрытое положение.

Трубопроводы системы выполнены из низкотемпературной углеродистой стали.

Все трубопроводы закрытой дренажной системы подготовлены к зимней эксплуатации (снабжены спутниковым обогревом и изолированы) для предотвращения замерзания в арктических условиях, имеющих место на острове Сахалин.

Для сохранения стандартного технологического режима на протяжении своей работы оператор осуществляет контроль над следующими пунктами:

- непрерывной деятельностью дежурных горелок, сохраняя давление на горелки;
- растратой азота ( $N_2$ ) в коллекторы факельной установки, никак не позволяя уменьшения расхода вплоть до наименьшего значения;
- показателем в сепараторе факела, а также за переливом через гидрозатвор в конденсатоотводчик;
- насыщением кислородом ( $O_2$ ) в нижней части ствола факела;
- присутствием непрерывного давления газа, а также воздуха в линиях подачи их в запальное устройство;
- структурой газового конденсата в процессе сброса в канализацию (лабораторное исследование ядовитых включений);
- деятельностью организации отопления, функционирующего зимой;
- надежностью горелки, а также свойствами газовых выбросов;
- объемом огня факела, насыщенностью, а также вида горения;
- если присутствует такая потребность, то устанавливает вид выбросов, а также исследует их структуру, в случае, если местоположение выбросов газов неясно, а также нет способа установить его по-другому.

На той факельной установке, где проводилось изучение, функционирует лабиринтный затвор, либо другими словами - лабиринтный уплотнитель. Такой лабиринтный затвор расположен в верхней части факельной трубы под факельной горелкой. Он усложняет попадание

воздушных масс в факельную трубу, случающееся из-за высокоскоростного давления, а также ветровой нагрузки. Стоит отметить, что в процессе охлаждения сбрасываемых газов затвор не предохраняет. По этой причине во время использования лабиринтных затворов гарантируется вспомогательный объем продувочного газа вплоть до прекращения выброса горячего газа [42].

### **3.4 Анализ и оценка эффективности использования факельного оголовка со струйным затвором для повышения безопасности при эксплуатации факельной установки**

В процессе эксплуатации факельной установки с использованием лабиринтного затвора имеется вероятность попадания воздушных масс внутрь ствола. Такое событие способно вызвать внутренний пожар. Во время осуществления деятельности процентное содержание кислорода в газовой консистенции, возникающей на низе изучаемого прибора, способно доходить приблизительно шести процентов. Данная совокупность предполагает угрозу потенциально взрывоопасных консистенций, а также вероятного внутреннего возгорания. Возгорание изнутри оголовка ФС вероятно негативно отразится на практическом периоде работы агрегата.

В том числе и применение подходящих расходов затворного газа никак не предупредит внутреннее возгорание.

Совершаются последующие действия:

- процедура внутреннего сгорания в оголовке факельной конструкции;
- уменьшение периода работы оголовка, из-за термического влияния;
- весьма значительное тепловое влияние на оголовок;
- потребность во вспомогательном размере затворного газа.

Применение струйного затвора с целью предоставления не опасной эксплуатации факельных конструкций разрешит данные трудности. Рекомендуемый струйный затвор трубы увеличивает результативность деятельности оголовка.

Нужная форма факельного оголовка с факельным затвором изображена в изыскании охранного документа Российской Федерации (RU №176876 U1), от 31 января 2021 года: «Оголовок факельной установки». Такая форма способна быть использована к оголовкам факельных конструкций со стабильными, циклическими, а также аварийными выбросами, в которых потом сжигаются эксплуатируемые пары, а также газы. Так, есть возможность применения в нефтедобывающей, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, а также иных секторах индустрии. Не опасная деятельность добывается вследствие оголовка. Изнутри есть цилиндрическая труба, с прямооточным струйным затвором и заслонкой, которая представлена двумя частями с центральным зазором между ними.

Центр тяжести заслонки в наклонном состоянии перемещается сравнительно оси вращения к оси рабочего элемента, самостоятельно возвращается в начальное состояние. Диаметр трубы отличается от диаметра заслонок, а точнее на 5-10 миллиметров больше. Струйный затвор сделан как усеченный конус, наведенный малой частью к выпускному отверстию. Он кроме того считается упором для заслонок в запертом состоянии.

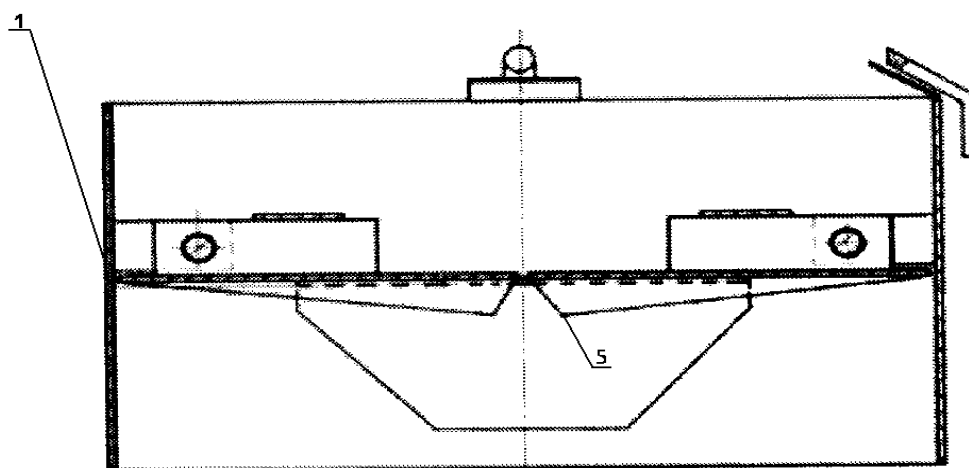


Рисунок 8 – Осевой разрез оголовка факельной установки.



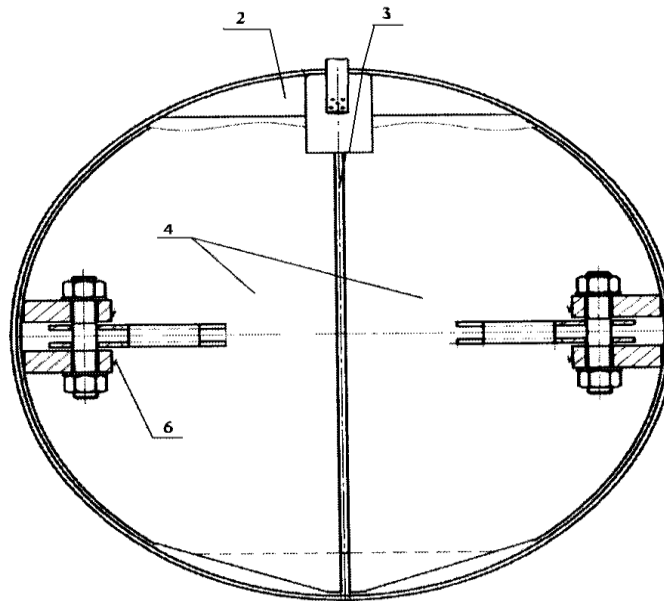


Рисунок 9 – Оголовок факельной установки. Вид сверху.

Мы представили виды оголовка факельной установки на рисунках 8, 9. Проанализируем оголовок факельной конструкции рекомендуемого способа:

Оголовок факельной конструкции в своем составе имеет цилиндрическую трубу 1, а также помещенный туда прямооточный струйный затвор 2 в форме усеченного конуса, который перевернут концом с маленьким диаметром к выходу. Изнутри цилиндрической трубы 1 по окружности, прямо над прямооточным струйным затвором 2 размещены с центральным зазором 3 заслонки 4. На данном рисунке номер 5 указывает на центр тяжести на заслонке 4, в месте крепления заслонок 4 помещен амортизатор 6 (пружинка).

Оголовок факельной конструкции функционирует представленным ниже способом:

Прямоточный струйный затвор на рисунке под номером 2. Так как прямооточный струйный затвор 2 сделан в форме обрезанного конуса, наведенного к выходящему отверстию наименьшим диаметром, влияние газа на выходе возрастает, влияя на заслонки 4, поворачивая их вплоть до

прикосновения с амортизатором 6. В данное время струи газа при раскрытых заслонках 4, в наклонном состоянии никак не мешают струе отходящих газов, они извергаются в воздух. Отличие между диаметром заслонок и диаметром трубы на 5-10 миллиметров гарантирует реальность беспрепятственного верчения заслонок, но при разнице диаметров меньше 5 миллиметров заслонки при открытии станут опираться в цилиндрическую трубу, что мешает их раскрыть. В случае если отличие между диаметром заслонок и цилиндрической трубы более 10 миллиметров роль заслонок функционировать не станет. Для того чтобы заслонки 4 не соприкасались с трубой 1, заслонки 1 срезаны (вид сверху). Во время абсолютного открытия верхних заслонок 4 пребывает над срезами трубы 1 свободно от их диаметра.

Присутствие нехватки давления газа заслонки 4 в связи с тем, что в наклонном раскрытом состоянии ее центр тяжести 5 движется от оси верчения к оси затвора 2, самостоятельно идет обратно в начальное состояние (закрываются), основываясь на прямоточный струйный затвор 2 чтобы не было провисания.

Небольшие затраты газа (непрерывные затворные, техническое продувание и многое другое) имеют все шансы попадать в участок горения посредством конструктивных зазоров среди цилиндрической трубы 1 оголовка и заслонками 4, в том числе центральный зазор - 3. Газовые струи с невысокими темпами, тонкие или плоские, с высокой удельной поверхностью благополучно сочетаются с атмосферным воздухом, а также горят в отсутствии дыма.

Потребление газа (техническое очищение, непрерывная изоляция и так далее) станет наименьшим. Тонкие или плоские струи, с невысоким темпом, просто сочетаются с атмосферным воздухом, а также горят в отсутствии дыма, в соответствии с требованиями всевозможных нормативных актов, касающихся данного вопроса.

По этой причине при попадании сбросного газа (включая внезапный отработавший газ, образующийся при аварийном сбросе) в цилиндрическую

трубу первого оголовка, газ переходит в результативную деятельность рекомендуемого способа, что довольно продуктивно, в присутствии невысокого, а также высокого давления.

Струйный затвор заслуженно считается схожей кандидатурой для применяющегося лабиринтного затвора. Вследствие того, что первый определен в верхней части оголовка, он ликвидирует внутреннее горение, применяя наименьшее число продувочного газа.

Такое, кроме того дает возможность воздержаться футеровки и дренажных систем. Футеровка ломается вследствие влияния теплового излучение. Структурные компоненты отваливаются, а также накапливаются в дренажном отверстии, блокируя их деятельность. Такая процедура, при этом, формирует угрозу неосуществимости пролить жидкость, а также создания конденсата изнутри устройства. Насквозь возникшей пробки станет попадать газ. Протечка газа посредством жидкости повергнет к формированию, а также выбросу пылающих частиц посредством оголовка трубы. Еще одной угрозой создания пробки считается вероятность ее промерзания при невысоких градусах. При этом доставка газа будет неосуществимой. С целью предотвращения промерзания, факельные конструкции кроме того снабжаются электрическим обогревом, либо паровым. В процессе использования струйного затвора его вводятся предельно рядом со срезом оголовка факельной трубы, что дает возможность воздержаться от чувствительной футеровки, гальванического и парового подогрева, а также дренажных конструкций [45].

Учитывая указанные ранее процессы можно сделать вывод о непроизводительности использования лабиринтного затвора. Данное использование подразумевает непрерывный предупредительный надзор за повреждением, а также налипанием футеровки в затворах. Рекомендуемый способ предоставления не опасного использования изучаемой факельной конструкции считается результативной кандидатурой перечисленным ранее трудностям.

Помимо этого, в процессе применения лабиринтных затворов, вследствие перечисленных ранее пробок жидкости, наступает процедура конденсации, что также порождает коррозию. Лабиринтные уплотнители, в большинстве случаев, производятся с использованием низкоуглеродистой стали, подвластной коррозии. Коррозия затвора приводит к их обугливанню. Рекомендуемый, идентичный затвор делается из некорродирующей стали, а также никак не подвергается коррозии. Непосредственно затвор запрашивает небольшого количества металла для производства.

Система струйного затвора обеспечена конусовидным козырьком. Данное приспособление благоприятно сказывается на времени службы. Роль состоит в охране огня факельных конструкций от боковых ветров, которые имеют все шансы негативно оказать воздействие на уклон факела. Помимо этого, данный навес снижает термическое влияние, формируя воздушную камеру. Данная камера устраняет тепло от металла, удерживая его в прохладном состоянии. Кроме того в обстоятельствах бокового ветра применение козырька оберегает запальное пламя, что способно послужить причиной к срыву огня факельной конструкции.

## Заключение

Первый раздел данной работы обсуждается представление экологической безопасности. Пересмотрены академические изыскания в сфере предоставления экологической безопасности. В дополнение были детально продемонстрированы главные технологические компоненты факельной установки. В составе этого раздела на теоретическом уровне, а также всецело изучено определение нефтегазовой сферы и эколого-правовое регулирование экологических проблем в нефтегазовой отрасли.

Второй раздел включает способы предоставления не опасной деятельности факельной системы. Рассматривались особенности обеспечения безопасной эксплуатации, а также опыт аварийных происшествий. Исследовались способы предоставления защищенности с применением всевозможных способов проектирования заключений, в том числе способы осуществления технологических процессов. Данная часть работы расширяет абстрактные изучения в первой части, разрешая исследовать угрозу появления чрезвычайных обстановок, а также способы их предупреждения в процессе эксплуатации факельных систем на нефтегазовом производстве.

В следующей, третьем разделе описывается введение способа гарантии не опасного использования факельной установки при использовании струйного затвора на базе охранного документа Российской Федерации RU №371298 U1, на предприятии «САХАЛИН ЭНЕРДЖИ ИНВЕСТМЕНТ КОМПАНИ ЛТД». Здесь исследована функционирующая в компании факельная система. А точнее ее строение, рабочие свойства, способы предоставления безопасной деятельности. Исследован способ с помощью использования лабиринтного затвора. Рекомендованный способ, помогающий получить значительную эффективность, надежность, а также безопасность использования факельной установки. Осуществлено сопоставительное исследование имеющегося способа с лабиринтным

затвором и рекомендованным, где используется прямоточный струйный затвор.

Представляемый нами вариант уменьшит угрозу аварий, повысит период работы факельной конструкции, уменьшит степень теплового излучения, убавит потребление барьерного газа с целью избегания внутреннего горения. Итак, состояние защищенности жизненно важных экологических интересов человека, прежде всего его прав на чистую, здоровую, благоприятную для жизни окружающую природную среду, случающееся, если естественная обстановка, а также хозяйственная работа человека добиваются выровненного сосуществования, если степень стресса естественной среды никак не превосходит ее возможности на самостоятельное воспроизведение.

Социум имеет потребность в передовых разработках, а также никак не способен действовать в отсутствии плодов культуры, равно как фантастический вымысел о мире в отсутствии риска. По этой причине вопросы экологической безопасности станут действовать постоянно, однако их решение запрашивает наиболее сильного осмысления факторов их появления. Также, соответственно, и довольно совершенных методов его профилактики.

## Список используемых источников

1. Бард В.Л. Предупреждение аварий в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности / В.Л. Бард, А.В. Кузин. - М.: Химия, 2014. - 315 с.
2. Безбородов Ю. Н., Булчаев Н. Д., Горбунова Л. Н., Позднякова Н. Н. Безопасность и экологичность проекта: учеб. пособие. М: Красноярск, Сиб. федер. ун-т, 2015. - 148 с.
3. Безопасность труда в промышленности. 2018. - № 8. - С. 32-34.
4. Дубенко В.С., Писцугин А.В. О разрушающем воздействии на пену факела пламени // Сб. науч. тр. / Всесоюз. научно-исслед. ин-т противопожарной обороны МВД РФ. -2021.1. С. 51-52.
5. Винтовкин А.А., Деньгуб В.В., Татарников В.В., Чистополов А.В. Анализ ошибок в выборе средств розжига и контроля пламени // Электронный научный архив «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» [Электронный ресурс]. – Режим доступа – [URL:http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/37287/1/978-5-9907151-10\\_2015\\_046.pdf](http://elar.urfu.ru/bitstream/10995/37287/1/978-5-9907151-10_2015_046.pdf)
6. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: учебник для вузов – М.: Изд-во Юрайт, 2018. 495 с.
7. Бесчастнов М.В. Взрывобезопасность и противоаварийная защита химико-технологических процессов – М.: Норма. Инфра, 2018. -472 с.
8. Графкина М.В., Свиридова Е.Ю., Королев В.И. Информационные технологии в анализе и прогнозировании промышленной безопасности // Экономика труда. – 2019. – Том 6. – № 2. – С. 485.
9. Горбунова, О.И. Экологический менеджмент в нефтегазовых компаниях России: рейтинг экологической ответственности / О. И. Горбунова, Л. В. Каницкая. М.: Известия Байкальского государственного университета, 2018. Т. 27. № 3. С. 185
10. ГОСТ 12.1.003-15. Безопасность. Шум. Общие требования.

11. ГОСТ 12.1.005-51. Безопасность. Общие требования пожарной безопасности.
12. ГОСТ 12.1.051-47. Безопасность. Классификация. Средства и методы защиты от шума.
13. Декларация безопасности объектов обустройства Пильтун-Астохского месторождения (ПА). Этап-3: Астохская площадь. М., 2188. – 9 с.
14. Демиденко Д.Е., Петров А.Е. Защита объектов от пожаров при добыче, транспортировке и хранении нефти и газа // Итоги науки и техники. Сер. Пожарная охрана: Сб. науч. тр. М. : ВИНТИ, 1987. - Т. 7. - С. 132171.
15. Лукьянчикова Т.Л., Ямщикова Т.Н., Клецова Н.В. Компаративистский анализ производственного травматизма: Россия и мир // Экономика труда. – 2018. – Том 5. – № 3. – с. 148
16. Охрана труда в цифрах и фактах. Направления совершенствования глобальной культуры охраны труда [Электронный ресурс]. URL: <https://ohranatruda.ru/28april/safetyinnumbersrus.pdf>
17. Правила оформления выпускных квалификационных работ: учебно-методическое пособие / И.Ю. Амирджанова, Т.А. Варенцова, В.Г. Виткалов, А.Г. Егоров, В.В. Петрова □ Тольятти: ТГУ, 2019, - 145 с.
18. Рейтинг Экологической ответственности нефтегазовых компаний России за 2020 год [Текст] / А. Книжников, М.: WWF, 2018. С. 27.
19. Симакова, Н. Н. Организация охраны труда: практикум / Н. Н. Симакова. — Новосибирск: Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 165 с.
20. Состояние условий труда работников организаций по отдельным видам экономической деятельности по РФ [Электронный ресурс]. URL: [https://www.gks.ru/working\\_conditions](https://www.gks.ru/working_conditions) (дата обращения: 08.01.2022).
21. СНиП 11-Г.12 Строительные нормы и правила. Газоснабжение, газораздаточные станции. Баллонные и резервуарные установки сжиженного газа. Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 2018. 30 с.
22. СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений.



23. СНиП 31-03-2001. Производственные здания.
24. Стрижевский И.И., Факельные установки. М.: Химия, 2017. - 184 с.
25. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (с изменениями от 24.04.2020 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации от 7 января 2002 г. N 1 (часть I) ст. 3.
26. Руководство по безопасности факельных систем. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 26 декабря 2012 г. N 779 // Справочно-правовая система «Техэксперт» [Электронный ресурс]. – Режим доступа - URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200107649>
27. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (с изм. от 24.04.2020 г.) // Собрание законодательства Российской Федерации от 7 января 2002 г. N 1 (часть I) ст. 3.
28. Патент RU 9371298 U1, 31.01.2019 // Справочно-правовая система «ФИПС» [Электронный ресурс]. – Режим доступа - URL: [http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS\\_Ru#1528221847643](http://www1.fips.ru/wps/portal/IPS_Ru#1528221847643)
29. О промышленной безопасности опасных производственных объектов. М.: ДЕАН, 2015. 719 с.
30. Оношко В.С., Ким В.Б. Факельные системы. М.: АН РФ, 2017.-379 с.
31. Общие правила промышленной безопасности для организаций, осуществляющих деятельность в области промышленной безопасности опасных производственных объектов ПБ 03-517-02. М.: Энергия, 195 с.
32. Пантюхова Ю.В. Методика оценки уровня промышленной безопасности опасных производственных объектов систем газораспределения и газопотребления: канд. тех. наук: М., 2019. 45 с.
33. ПБ 09-12-92. Правила устройства и безопасной эксплуатации факельных систем.
34. Положение о порядке подготовки и проверки знаний нормативных документов по технической эксплуатации, охране труда, промышленной и

пожарной безопасности руководителей и специалистов энергетики. М.: Энергия, 2019. 143 с.

35. Харченко С.Г. Европейское законодательство в области обеспечения промышленной безопасности. М.: Гостехиздат, 2018. 242 с.

36. Харченко С.Г. Европейское законодательство в области обеспечения промышленной безопасности. М.: Наука, 2016. 845 с.

37. Магуров М.Э., Чунаев Д.Е. Количественная оценка пожарного риска // Юбилейный сборник трудов / Всероссийский научно-исслед. институт противопожарной обороны МВД РФ. 2017. - С. 175-179.

38. Smith A.J Risk Analysis and Risk Policy in the Norway and the EEC // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2016. - V.7. -P. 70-75.

39. Baum M.M. Predicting the Combustion Behavior of Coal Particles / M.M. Baum, P.J. Street // Combust. Sci. Tech. - 2018. - №4. -p.165

40. Mark A. Friend, James P. Kohn Fundamentals of occupational safety and health, fourth edition, Government Institutes, 2007 // [Электронный ресурс]. - Режим доступа - URL: <http://www.ohshub.com> Manuals of Fluent 6.1. User's

41. Methods for safety assessment of geological disposal facilities for radioactive waste, Radioactive waste management, 2014 // [Электронный ресурс]. - Режим доступа - URL: <http://www.oecd-nea.org>

42. Safe storage of hazardous chemicals in stockrooms, workshops and laboratories, Chemical safety guidance, Occupational Health and Safety Service, 2017 // [Электронный ресурс]. - Режим доступа - URL: <http://safety.admin.cam.ac.uk>