

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

Институт инженерной и экологической безопасности

(наименование института полностью)

Департамент магистратуры

(наименование)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

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

(направленность (профиль))

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА  
(МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)**

на тему Исследование методов обеспечения взрывобезопасности для  
взрывопожароопасных и нефтеперерабатывающих производств (на примере  
ООО «Красноленинский НПЗ»)

Студент

Д.Ю. Скрипников

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный руководитель

к.т.н. доцент, В.А. Филимонов

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

Тольятти 2021

## Содержание

Термины и определения.....	3
Перечень сокращений и обозначений.....	5
Введение.....	6
1 Теоретические аспекты обеспечения взрывобезопасности.....	12
1.1 Статистика и анализ причин аварий, произошедший на нефтеперерабатывающих предприятиях.....	12
1.2 Понятие взрывобезопасности и меры ее обеспечения.....	20
2 Анализ объекта исследования и способов обеспечения безопасности.....	27
2.1 Краткая характеристика предприятия.....	27
2.2 Проекты технических решений, направленных на обеспечение взрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств.....	40
2.3 Определение методов и разработка программы научных исследований.....	44
3 Применение технических, организационных мероприятий для обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ».....	47
3.1 Анализ возможных технических решений для обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ».....	47
3.2 Патентно-информационный поиск решений обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ».....	54
3.3 Анализ эффективности предложений по улучшению взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ».....	61
Заключение.....	66
Список используемой литературы и используемых источников.....	68
Приложение А Принципиальная схема организации подачи ингибитора и нейтрализатора в шлемовые линии колонн.....	72

## Термины и определения

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

Безопасность – отсутствие недопустимого риска, связанного с возможностью причинения вреда и (или) нанесения ущерба.

Законодательные требования – требования, содержащиеся в законах и нормативных правовых актах (документах) РФ.

«Ингибиторная защита (ингибирование) – управляемый и перенастраиваемый технологический процесс нанесения и поддержания защитной пленки на внутренней металлической поверхности трубопроводов и оборудования без остановки каких-либо элементов системы транспорта» [3].

«Коррозионный зонд – устройство, предназначенное для закрепления и ввода плоских образцов-свидетелей в трубопровод при проведении коррозионного мониторинга весовым (гравиметрическим) методом» [3].

Нейтрализатор – антикоррозионные химические соединения, направленные на снижение агрессивности (рН) среды.

Точка росы – температура, до которой должен охладиться поток, чтобы содержащиеся в нем пары воды достигли состояния насыщения и началась конденсация жидкой воды.

«Надежность – свойство объекта, заключающееся в способности сохранять во времени в установленных пределах значения признаков и параметров, характеризующих те свойства объекта, которые определяют его способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях» [1].

Химико–технологическая защита – комплекс мероприятий, обеспечивающий снижение скорости коррозии технологического оборудования при его работе и простоях до допустимых значений.

Средства контроля – методы и процедуры, направленные на проверку и оценку эффективности деятельности.

Срок службы оборудования – календарная продолжительность от даты ввода в эксплуатацию оборудования до даты прекращения эксплуатации.

Технические устройства – машины, технологическое оборудование, системы машин и (или) оборудования, агрегаты, аппаратура, механизмы, применяемые при эксплуатации опасного производственного объекта.

Требования – потребность или ожидание, которое установлено, обычно предполагается (в соответствии с общепринятой практикой, применяемой Компанией, потребителями ее продукции и другими заинтересованными сторонами) или является обязательным.

Требования промышленной безопасности – требования промышленной безопасности – условия, запреты, ограничения и другие обязательные требования, содержащиеся в федеральных законах и иных нормативных правовых актах Российской Федерации.

## Перечень сокращений и обозначений

АТ – атмосферная трубчатка.

АРДН – автоматические регуляторы дозирочных насосов.

АСУ – автоматизированная система управления.

ИЛ-ЦЗЛ – испытательная лаборатория – центральная заводская лаборатория.

КПЭ – ключевые показатели эффективности.

НК – неразрушающий контроль.

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод.

НТД – нормативно-техническая документация.

ОТ – охрана труда.

СИ – средства измерений.

СИЗ – средства индивидуальной защиты.

СК – скорость коррозии.

СМК – система мониторинга коррозии.

СКР – сероводородное коррозионное растрескивание.

СЭЗ – санитарно-эпидемиологическое заключение.

ТО – техническое обслуживание.

ТУ – технические условия.

УКК – узел контроля коррозии.

ХОС – хлорорганические соединения.

ХР – химический реагент.

ХТЗ – химико-технологическая защита.

## Введение

### **Актуальность и научная значимость настоящего исследования:**

Нефтеперерабатывающий завод – это десятки сложных процессов, в результате которых нефть превращается в бензины, масла, сырье для нефтехимии, битумы и множество других востребованных продуктов. Чтобы понять, насколько сложны и рискованны процессы переработки нефти, обозначим лишь некоторые предельные параметры работы оборудования (давления, температуры и т.д.), с которыми приходится иметь дело на НПЗ.

Так, в печи прокаливания нефтяного кокса температура может достигать 1290°C, а на установке регенерации отработанной серной кислоты в печи расщепления поддерживается нагревание до 1200°C. Причем это предельные нормативные параметры процессов, и с точки зрения безопасности важно следить за тем, чтобы они не превышались, – все равно что постоянно держать под контролем вулкан, в котором лава, изливающаяся из кратера, раскаляется до сопоставимых температур – от 800 до 1200°C. Большинство процессов на заводе проходит под высоким давлением. В частности, на установке реактора гидроочистки дизельного топлива создается давление в 8 МПа, что примерно равняется 80 атмосферам. При работе установки замедленного коксования нефтяного сырья максимальное давление еще выше – оно может достигать 18 МПа. Под таким давлением подается вода на установку для гидрорезки кокса. Для сравнения: давление в шине легкового автомобиля составляет всего 0,2 МПа.

Таким образом, обеспечение взрывобезопасности процессов нефтеперерабатывающих производств является достаточно актуальным.

**Объект исследования:** установка переработки нефти ООО «Красноленинский НПЗ».

**Предмет исследования:** методы обеспечения взрывобезопасности на производственной площадке установки переработки нефти ООО «Красноленинский НПЗ».

**Цель исследования:** исследование методов обеспечения взрывобезопасности на производственной площадке установки переработки нефти ООО «Красноленинский НПЗ» и разработка мероприятий, направленных на их совершенствование.

**Гипотеза исследования** состоит в том, что методы обеспечения взрывобезопасности на производственной площадке установки переработки нефти ООО «Красноленинский НПЗ» будут усовершенствованы, если:

1. Проанализирована статистика причин аварий, произошедший на нефтеперерабатывающих предприятиях
2. Осуществлен патентно-информационный обзор мер, направленных на обеспечение взрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств.
3. Разработаны организационно-технические мероприятия, способствующие улучшению обеспечения взрывобезопасности с использованием ингибиторов и флегматизации.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие **задачи:**

- провести статистику причин аварий, произошедший на нефтеперерабатывающих предприятиях;
- дать понятие взрывобезопасности и меры ее обеспечения;
- разработать краткую характеристику предприятия;
- изучить проекты технических решений, направленных на обеспечение взрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств;
- определить методы и разработать программу научных исследований;
- провести анализ возможных технических решений для обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ»;
- провести патентно-информационный поиск решений обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ»;
- проанализировать эффективность предложений по улучшению взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ».

**Теоретико-методологическую основу исследования** составили: ряд федеральных законов, нормативно-правовых актов, сводов правил, ГОСТов, регулирующих состояние взрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств, публикации исследования взрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств, анализ зависимости причин аварий, произошедший на нефтеперерабатывающих предприятиях и возможных технических решений для обеспечения взрывобезопасности.

**Базовыми для настоящего исследования** явились также: патентно-информационные ресурсы, позволяющие повысить эффективность организационно-технических мероприятий взрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств.

**Методы исследования:**

- изучение законодательных и нормативных документов, регламентирующих взрывобезопасность нефтеперерабатывающих производств;
- изучение проектной документации объекта;
- исследовании систем обеспечения безопасности на объекте;
- проведение расчетов, согласно существующих методик;
- выводы о проделанной работе.

**Опытно-экспериментальная база исследования:** ООО «Красноленинский НПЗ».

**Научная новизна исследования** заключается в:

1. Организация исследования по анализу зависимости причин аварий, произошедший на нефтеперерабатывающих предприятиях и возможных технических решений для обеспечения взрывобезопасности.
2. Применении новых изобретений, направленных на улучшение взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ».

**Теоретическая значимость исследования** заключается в:

1. Проведено обобщение причин аварий, произошедший на нефтеперерабатывающих предприятиях и их последствий.

2. Изучены факторы повышенной опасности нефтеперерабатывающих предприятий и потенциальные источники взрывоопасности.

3. Проанализированы возможные мероприятия по обеспечению взрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств, сделано их обобщение.

**Практическая значимость исследования.** Итоги данной научной работы помогут обосновать потребность в усовершенствовании и обновлении применяемого оборудования, направленного на обеспечение взрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств.

**Достоверность и обоснованность результатов исследования** обеспечивались:

1. Проведено исследование по анализу зависимости причин аварий, произошедший на нефтеперерабатывающих предприятиях и возможных технических решений для обеспечения взрывобезопасности.

2. Обосновано применение новых изобретений, направленных на улучшение взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ».

**Личное участие автора** в организации и проведении исследования состоит в организации исследования по анализу зависимости причин аварий, произошедший на нефтеперерабатывающих предприятиях и возможных технических решений для обеспечения взрывобезопасности и подбору новых технических решений, направленных на совершенствование рассматриваемой проблемы.

**Апробация и внедрение результатов работы** велись в течение всего исследования. Его результаты докладывались на следующих конференциях:

- участие в международной научной конференции технико-научного журнала «Точная наука»: Методы обеспечения безопасности на нефтеперерабатывающих производствах с помощью защиты оборудования от коррозии.

**На защиту выносятся:**

1. В работе охарактеризовано понятие взрывобезопасности и проведен

анализ причин аварий, произошедший на нефтеперерабатывающих предприятиях:

- образование взрывоопасной смеси из-за отсутствия герметичности в резервуарах;
- разгерметизация подземного участка трубопровода;
- нарушение герметичности резиновых уплотнителей;
- пролив жидкости с содержанием воспламеняющих веществ на площадке проведения огневых работ.

2. Проведен анализ объекта исследования и существующих мер безопасности по обеспечению безопасности. Установка переработки нефти расположена в Западной Сибири на территории Тюменской области, Октябрьского района ХМАО в 10-15 метрах от трассы Нягань – п. Талинский, на 37 километре автодороги Нягань – поселок Талинский – Ханты-Мансийск; занимает территорию площадью 9,6 га; по периметру 1280,5 м. На установке предусмотрен ряд мероприятий, направленных на повышение безопасности при ее эксплуатации:

- аварийный останов технологической установки;
- аварийный останов печи нагрева нефти;
- сигнализация;
- запорная арматура с электроприводом на границах технологических блоков и на трубопроводах паротушения блок – боксов технологического оборудования;
- система контроля загазованности о превышении предельно допустимой концентрации углеводородов;
- система противопожарной сигнализации и оповещения;
- подача инертного газа на продувку оборудования;
- система аэрозольного и паро- и пенотушения;
- система противопожарного водоснабжения.

3. Проанализированы существующие проекты технических решений, направленных на обеспечение взрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств. В частности:

- внедрение стандартизированных процессов, инструментов и методик;
- повышение эффективности мероприятий в области комплексной защиты оборудования технологической установки по переработке нефти от воздействия внешних и внутренних факторов;
- оптимизация затрат на реализацию мер по защите технологической установки по переработке нефти путем выбора наиболее эффективных реагентов и технологий защиты, а также установления оптимальных мер потребления;
- повышение уровня компетенций персонала и формирование культуры производства, основанной на безопасности и эффективности осуществления финансово-хозяйственной деятельности.

4. Обосновано применение новых изобретений для обеспечения взрывобезопасности. Для защиты от взрывов внутритрубных пространств на установке ООО «Красноленинский НПЗ» было выбрано взрывозащищенное внутритрубное устройство и установка автоматического предотвращения взрыва газовой смеси.

**Структура магистерской диссертации.** Работа состоит из введения, трех разделов, заключения, содержит 18 рисунков, 6 таблиц, список использованной литературы (30 источников), приложений. Основной текст работы изложен на 64 страницах.

## **1 Теоретические аспекты обеспечения взрывобезопасности**

### **1.1 Статистика и анализ причин аварий, произошедший на нефтеперерабатывающих предприятиях**

Рассматривая итоги 2019 года, можно заметить неутешительную тенденцию того, что количество аварий нефтеперерабатывающего сектора возросло. В 2018 году было зафиксировано 12 случаев, а в 2019 их количество возросло до 19. Если же рассматривать происшествия всех опасных производственных объектов – то здесь ситуация иная, аварии сократились с 133 в 2018 году, до 123 в 2019 году.

Из общего количества аварий на опасных производственных объектах предприятия нефтеперерабатывающего сектора составили 40% в 2018 году и 45% в 2019 году.

Наибольшая часть происшествий была отмечена на объектах ПАО НК «Роснефть». В январе 2019 года пожар отмечен на АО «Ангарская нефтехимическая компания». Сразу два возгорания произошли в марте 2019 года: АО «Новокуйбышевский НПЗ» и ООО «РН-Комсомольский НПЗ». ОАО «Уфимский НПЗ» сообщил о двух возгорания с перерывом в четыре месяца (январь и апрель 2019 года). В сентябре 2019 года в ОАО НПЗ «Сургутнефтегаз» пришлось тушить пожар два раза, причем все произошло в течение одной недели.

Среди главных причин происшествий на объектах нефтеперерабатывающего сектора специалисты отмечают «недостаточный уровень ответственности и квалификации собственников, руководителей и работников. К авариям приводит неудовлетворительная организация технологических процессов, недостаточность навыков сотрудников при действиях в аварийных ситуациях, формальная и малоэффективная деятельность служб производственного контроля, сознательное

пренебрежение требованиями и правилами безопасности, износ оборудования» [21].

Таким образом, можно прийти к выводу, что в области охраны труда на настоящем этапе развития одной из самых вызывающих опасения проблем является производственный травматизм. Служба федеральной статистики отмечает, что «на производстве ежегодно происходит около 50 млн несчастных случаев, или 160 тыс. случаев в день» [25].

«В России общее количество зарегистрированных несчастных случаев на производстве в 2018 году составило 5969 случаев, общее число погибших на производстве насчитывает 1618 человек, в 2017 году на предприятиях в России в результате несчастных случаев погибло 1138 человек, 24307 человек получили производственные травмы» [25].

На рисунке 1 приведена диаграмма со статистическими данными по количеству несчастных случаев на производстве с 2014 по 2019 г. в России: «в 2014 г. в результате несчастных случаях на производстве погибло 1447 человек, в 2015 г. – 1699 человек, в 2016 и 2017 гг. – 1288 и 1290 соответственно» [25].

В качестве основных причин несчастных случаев на производствах выделяют несоблюдение требований безопасной организации труда работниками этих предприятий, неудовлетворительное состояние зданий и сооружения с позиции технического обеспечения, изношенность нефтеперерабатывающего оборудование, использование устаревших форм оборудования, не отвечающих безопасным условиям, несоблюдение технологических процессов.



Рисунок 1 – Численность пострадавших при несчастных случаях на производстве

Наиболее серьезные убытки от различного рода происшествий и несчастных случаев терпят предприятия нефтеперерабатывающего и добывающего сектора. Помимо экономических убытков, аварии наносят колоссальный вред окружающей среде, поэтому для того, чтобы научиться их предотвращать, необходимо понимать причину их возникновения.

«В России действует 32 нефтеперерабатывающих предприятия с общей мощностью по переработке нефти 261,6млн тонн, а также 80 мини-НПЗ с общей мощностью переработки 11,3млн тонн. Основные технологические операции, проводимые на предприятиях: поставка и прием нефти, первичная переработка, вторичная переработка нефти, товарное производство и доставка нефтепродуктов» [9].

Аварии, произошедшие на нефтехимических предприятиях с 2011 по 2019 г. представлены на рисунке 2. Общее количество составило 183 случая.

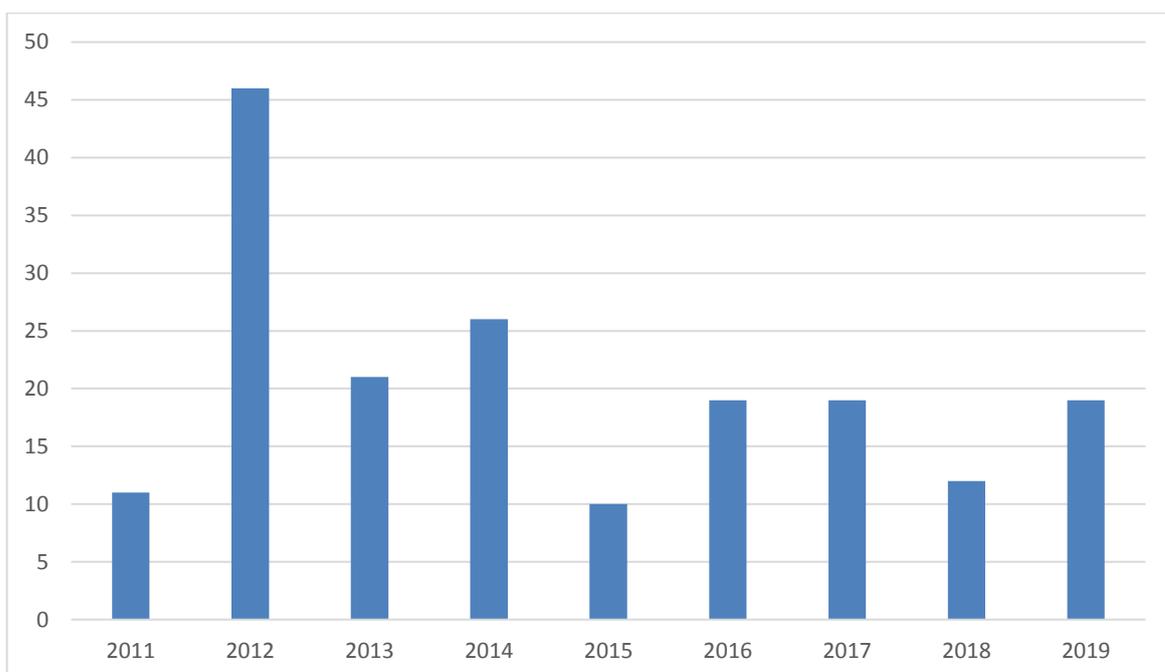


Рисунок 2 – Статистика аварий на нефтеперерабатывающих предприятиях с 2011 по 2019 г.

«Наибольшее количество аварий, произошедших на объектах нефтеперерабатывающих предприятиях, пришлось на 2012 год, что соответствует 30 % от общего количества аварий. К 2015 году наблюдается спад аварий, и доля в общем объеме составила 6 %. В 2016 и 2017 гг. на объектах нефтепереработки произошло по 19 аварий, и их доля в общем объеме достигла по 13 % соответственно. По данным Ростехнадзора, в 2018 году на нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятиях произошло 12 аварий, и в 2019 году – 19 аварий» [1].

Для полноценного изучения проблемы исследования, проанализируем обстоятельства крупных происшествий, которые приводит Ростехнадзор.

В 2016 году произошло два взрыва на установке гидрокрекинга, технологический процесс проходил в штатном режиме, но в коллекторе потока «А» произошел пропуск при воздушном охлаждении. Взрывы произошли в момент попытки остановки потока «А». Шесть человек погибло, двое получили серьезные травмы. Экономический потери организации составили более четырнадцати миллиардов рублей.

В ООО «Лукойл» в Нижнем Новгороде произошел взрыв в 2017 году. Проходил штатный технологический процесс монтажа на резервуарах предприятия. Погибло 4 сотрудников организации, ООО «Лукойл» понесла экономические траты в размере более двух миллионов рублей.

В 2017 года на ОАО АНК «Башнефть» разрушился участок трубопровода, на тот момент перегон продукта проходил в штатном режиме, трубопровод был признан в технически удовлетворительном состоянии. Произошло возгорание, в результате которого предприятие потерпело убыток в размере двухсот двадцати миллионов рублей.

В 2018 году на ПАО «Нижекамскнефтехим» произошла авария на ректификационной установке, вследствие чего были разрушены рядом стоящие здания, объекты инфраструктуры. Нефтеперерабатывающая организация понесла убытки в размере более чем сто тринадцать миллионов рублей.

Рассматривая период 2011–2019 годов, можно отметить, что за этот промежуток на объектах нефтепереработки погибло 89 человек, данная статистика приведена на рисунке 3.

Начиная с 2016 года эта тенденция имеет склонность к снижению, например в 2016 году смертельных случаев было зафиксировано тринадцать, в 2017 году – двенадцать, в 2016 году – шесть. А в 2019 году Ростехнадзор не отметил ни одного подобного случая.

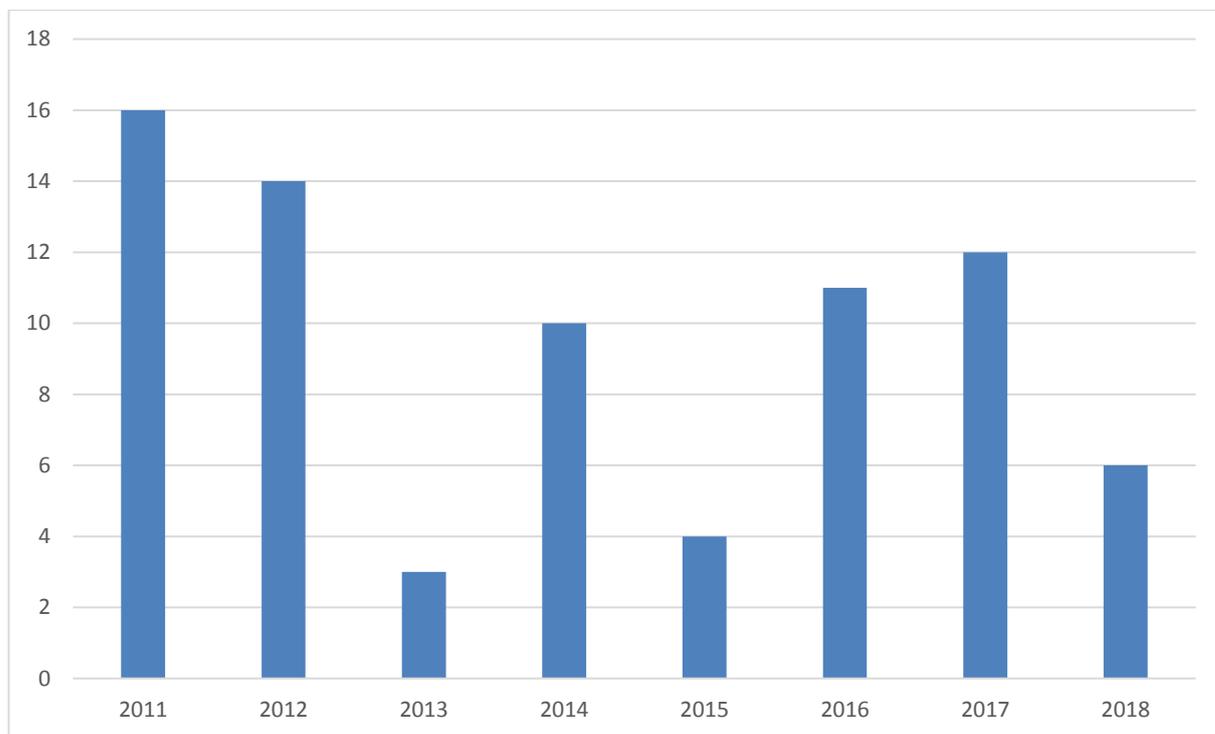


Рисунок 3 – Количество погибших людей при авариях на нефтеперерабатывающих предприятиях

При авариях на нефтеперерабатывающем производстве в качестве основного поражающего фактора, имеющего воздействие на людей, называют термическое воздействие, которое влечет за собой ожоги. Среди всех смертельно пострадавших 73% получили ожоги, несовместимые с жизнью.

Второй по значимости влияние на жизнь и здоровье людей причиной было выявлено отравление, вследствие выброса отравляющих веществ, структура по данной причине составила 10%. 6% погибших упали со значительной высоты, взрывная волна оказала воздействие на 4% смертельно травмированных. При обрушении зданий и установок погибло 3% работников, неполадки в технических устройствах вызвали гибель 2% людей, еще 2% погибло вследствие остальных факторов.

Данная статистика наглядно отражена на рисунке 4.

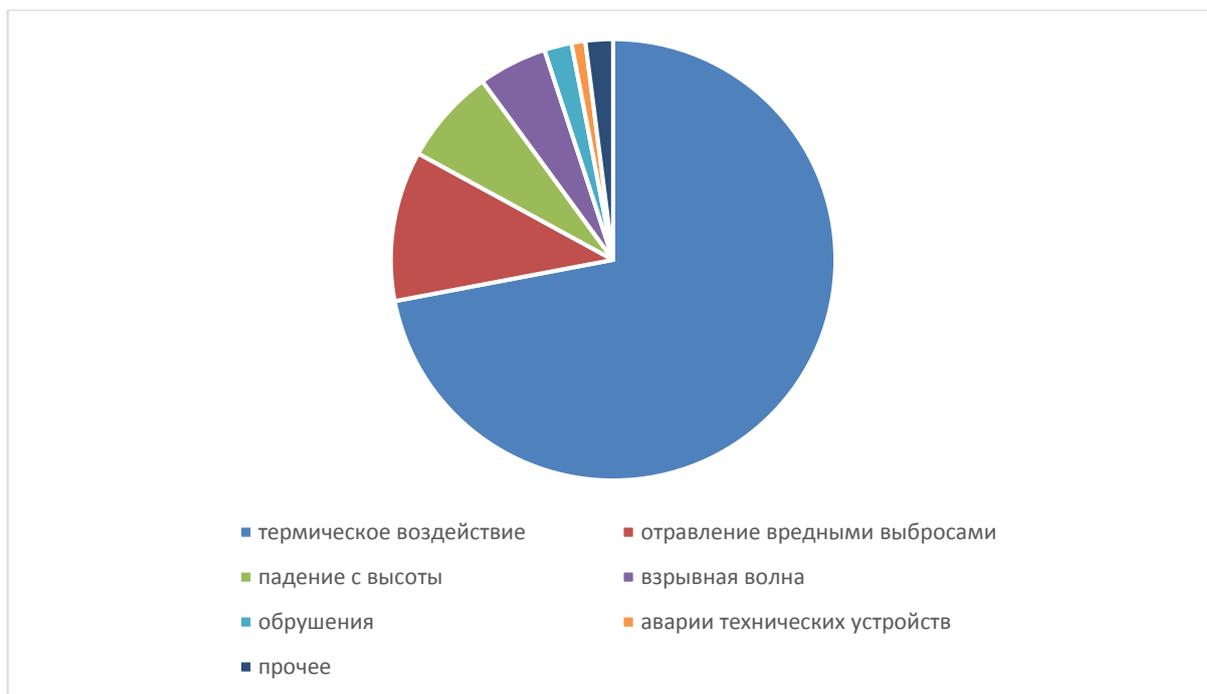


Рисунок 4 – Распределение поражающих факторов в аварийных ситуациях

Как было уже сказано, в качестве основных причин несчастных случаев на производствах выделяют несоблюдение требований безопасной организации труда работниками этих предприятий, неудовлетворительное состояние зданий и сооружения с позиции технического обеспечения, изношенность нефтеперерабатывающего оборудование, использование устаревших форм оборудования, не отвечающих безопасным условиям, несоблюдение технологических процессов. Таким образом, все причины аварий можно условно разделить на две классификационные группы: технологические и организационные.

Предлагаемая классификационная характеристика приведена в таблице 1.

Таблица 1 – Причины аварий на нефтехимических предприятиях, произошедших за рассматриваемый период

Технические	Организационные
<ul style="list-style-type: none"> <li>– «отсутствие на предприятии системы защиты;</li> <li>– неверно реализованная схема дистанционного управления;</li> <li>– образование взрывоопасной смеси из-за отсутствия герметичности в резервуарах;</li> <li>– применение электрифицированного переносного ручного инструмента во взрывозащищенном исполнении;</li> <li>– разгерметизация подземного участка трубопровода;</li> <li>– применение неисправного оборудования;</li> <li>– нарушение герметичности резиновых уплотнителей;</li> <li>– пролив жидкости с содержанием воспламеняющих веществ на площадке проведения огневых работ;</li> <li>– коррозия оборудования» [9].</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– «отсутствие контроля при проверке работоспособности системы блокировок и противоаварийной защиты установки;</li> <li>– несовершенство программ комплексного опробования системы блокировок и противоаварийной защиты;</li> <li>– неэффективность производственного контроля;</li> <li>– использование неисправного оборудования;</li> <li>– отсутствие контроля за порядком проведения работ или технологическим процессом;</li> <li>– необученность персонала действиям, предусмотренными планами мероприятий при локализации аварий;</li> <li>– проведение подготовительных работ, не предусмотренных нарядом-допуском на их выполнение;</li> <li>– отсутствие сигнализаторов и средств автоматического контроля и обнаружения утечек, а также датчиков предельного уровня для автоматического отключения процесса налива» [9].</li> </ul>

Технологические сооружения проектируемых объектов по характеру свойств веществ, обрабатываемых на производстве, относятся к взрывопожароопасным.

Основным опасным веществом, обрабатываемым на объекте, является нефть – легко воспламеняющаяся жидкость с температурой вспышки минус 18°С, самовоспламенения ~250°С. Нефть представляет собой смесь углеводородов. Индивидуальные углеводороды, входящие в состав нефтяных паров, имеют следующие концентрационные пределы воспламенения, % (по объему), представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Концентрационные пределы воспламенения индивидуальных углеводородов, входящие в состав нефтяных паров

Вещество	Концентрационный предел воспламенения
Пропан	2.1 – 9.5
Бутан	1.9 – 9.1
Пентан	1.4 – 7.8
Гексан	1.2 – 7.5

Масло турбинное является пожароопасным веществом с температурой вспышки 186–220 °С.

«Большинство аварий на нефтеперерабатывающих предприятиях и происходящих по их причине несчастных случаев со смертельным исходом можно предотвратить постоянным мониторингом реального состояния опасных производственных объектов, проведением мероприятий по их техническому обслуживанию, ремонту и реконструкции, заменой физически и морально устаревшего оборудования, а также пропагандируя культуру производства и соблюдая безопасный режим работы» [24]. «Вместе с техническим расследованием причин аварий и их последствий следует проводить тщательный анализ состояния всего находящегося в эксплуатации оборудования, а также комплексную проверку соблюдения требований промышленной безопасности и контроль качества продукции» [24].

Таким образом, для предотвращения несчастных случаев и происшествий на объектах нефтеперерабатывающего сектора необходимо повышать ответственность управленческого персонала в области охраны труда.

## **1.2 Понятие взрывобезопасности и меры ее обеспечения**

Взрывобезопасность – это «состояние производственного процесса, при котором исключается возможность взрыва или, в случае его возникновения, предотвращается воздействие на людей избыточного давления в ударной

волне, скоростного напора воздуха и других факторов, и обеспечивается сохранение материальных ценностей» [8].

Различают пассивные и активные меры обеспечения взрывобезопасности объектов. К пассивным мерам обеспечения взрывобезопасности относят:

- «ограничение количества обращающихся в технологическом процессе взрывоопасных веществ;
- выбор соответствующих противопожарных разрывов от взрывоопасного производства до зданий и сооружений с наличием людей;
- максимальное ограничение выбросов горючих веществ при аварийной разгерметизации технологического оборудования;
- исключение возможности взрывов в объеме производственных зданий, сооружений и наружных технологических установках;
- снижение тяжести последствий взрывов с использованием инженерных, технических, технологических и т.п. средств, способов и решений» [2].

К активным мерам обеспечения взрывобезопасности относят:

- «флегматизацию и химическое ингибирование взрывоопасных смесей;
- взрывоподавление в технологическом аппарате с помощью ингибирующих и флегматизирующих добавок;
- сбросом давления в трубопроводе;
- установкой специальных ловушек, огнепреградителей» [3].

Промышленные предприятия – «особо опасные производственные объекты, поэтому для обеспечения пожаро- и взрывобезопасности установкой огнетушителей не ограничиваются» [1].

Для комплексной защиты всех звеньев производственной цепочки существует масса многоуровневых средств и систем пожаротушения на предприятии.

На нефтегазоперерабатывающих заводах противопожарными системами обязательно оснащают всё оборудование, задействованное в переработке и хранении углеводородов – установки ЭЛОУ-АВТ, ректификационные колонны, резервуары для хранения сырья.

Взрывобезопасность производственных процессов должна быть обеспечена взрывопреупреждением, взрывозащитой, активной системой взрывоподавления. «Вопросы обеспечения взрывобезопасности зданий, сооружений, наружных установок, производственных процессов регламентируются законодательством РФ, государственными стандартами, техническими регламентами, другими руководящими и нормативными документами по пожарной безопасности, утверждёнными соответствующими органами государственного надзора, а также организационными и организационно-техническими мероприятиями по обеспечению взрывобезопасности, надлежащим контролем за соблюдением требований взрывобезопасности» [6].

Уже несколько лет в российской нефтеперерабатывающей отрасли идет масштабная модернизация производства – согласно четырехстороннему соглашению между Федеральной антимонопольной службой (ФАС), Росстандартом, Ростехнадзором и нефтяными компаниями.

Это соглашение предусматривает реконструкцию отечественных НПЗ в период с 2011 по 2020 год. Главная цель государственной инициативы – перевести заводы на выпуск бензинов, соответствующих современным экологическим требованиям. Но сами компании попутно решают и другие задачи. Например, на НПЗ «Газпром нефти» при реализации программы модернизации идет как замена и реконструкция устаревшего оборудования, так и тотальная автоматизация, затрагивающая все аспекты производства, в том числе обеспечение безопасности.

В процессе переработки нефти и очистки нефтепродуктов образуется сероводород. Для его дальнейшего преобразования в товарную серу на НПЗ применяется процесс каталитической окислительной конверсии (так

называемый процесс Клауса). В результате токсичный газ превращается в полезное сырье.

На деле это означает, что заводские установки не только снабжаются многочисленными контрольно-измерительными приборами, способными зафиксировать любые изменения, в том числе нежелательные, различных параметров. Принцип сегодняшней автоматизации – это внедрение умных автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУТП). По сути, это интеллектуальное развитие уже имеющихся базовых АСУТП, применять которые на производстве начали еще в конце прошлого века.

АСУТП позволяет вести технологический процесс на той или иной установке в режиме автопилота. При этом работу автопилота контролирует оператор. Ежеминутно он отслеживает десятки сигналов – предупредительных, оповещающих, неотложных, аварийных. От оперативности его реагирования может зависеть не только качество конечного продукта, но и безопасность производства. Помочь оператору позволяет система ранжирования сигнализаций, поступающих с установки, – дополнительный модуль к основной АСУТП, переводящий ее в разряд умных. Система сама анализирует поступающие сигналы и ранжирует их в зависимости от важности.

Такая система уже внедряется на установках НПЗ «Газпром нефти» – в частности, на установке переработки газа ГФУ-2 на Омском НПЗ она была внедрена еще в 2014 году.

Есть и другие системы, непосредственно связанные с безопасностью завода. Например, система ТОРО – техническое обслуживание и ремонт оборудования. Система позволяет перейти от плановых ремонтов к ремонтам по состоянию – за счет непрерывной диагностики и анализа различных параметров система прогнозирует возможные поломки и дает возможность своевременно производить ремонты, не дожидаясь серьезных ЧП.

Существует несколько методов обеспечения взрывобезопасности, цель которых – «предотвратить возможность контакта внутренних искрообразующих или тепловыделяющих элементов аппаратуры с внешней взрывоопасной средой, либо препятствовать выходу наружу взрыва, возникшего внутри наружной оболочки аппаратуры путем его локализации» [5]:

- «локализация, или сдерживание взрыва – предотвращение распространения взрыва за пределы оболочки;
- изоляция, или герметизация – заливка компаундом, лаком, поддержание высокого давления внутри оболочки продувкой оборудования сжатым воздухом или инертным газом;
- заполнение оболочки кварцевым песком, погружение оборудования в масло, применяемое, например, для обмоток трансформаторов;
- предотвращение, или ограничение электрической и тепловой выделяемой энергии – применение в методе защиты искробезопасной электрической цепи» [4].

Эффективный способ обеспечения взрывобезопасности – «это снижение концентрации горючего до показателей, меньших, чем нижний концентрационный предел. Для объяснения способа рассмотрим и проанализируем принципы флегматизации взрывчатых смесей» [4].

1. Тепловая флегматизация. «Процесс снижения чувствительности взрывчатых смесей запускают различные добавки, которые понижают температуру горения. Тепловые флегматизаторы разделяют на две группы: инертные компоненты (вода, углекислый газ, азот) и иные горючие вещества, флегматизирующие горение сложных смесей» [20].

«Инертные добавки воспринимают часть теплового эффекта, химического превращения при этом не происходит. Добавки органических флегматизаторов не только понижают температуру горения, но при высоких температурах повышают теплоемкость за счет эндотермических превращений.

Именно поэтому такие добавки флегматизируют горение в более малых дозах, чем добавки инертные» [20].

Иногда активным флегматизатором становится собственно избыточное горючее.

2. Химическая флегматизация. «Применение ингибиторов оказывает наиболее сильное гасящее действие, при этом еще больше сужается предел распространения пламени. Механизм флегматизации заключается в обрыве цепи реакции процесса окисления. Ингибиторы взаимодействуют с активными центрами реакции вместо окисляющихся компонентов. Так добавка ингибитора снижает концентрацию активных центров. К примеру, галоиды реагируют с атомарным водородом (чаще всего участвует в цепном процессе окисления)» [20].

«Химически активные флегматизаторы (ингибиторы) используются в предохранительных устройствах. В случае аварии ингибиторы вводят во взрывоопасную среду либо в зону горения, и среда быстро превращается в негорючую. Так, атом водорода замещается на атомы галогенов при использовании пламегасящих средств на основе галоидов и галопроизводных» [20].

Итак, в первом разделе исследования «Теоретические аспекты обеспечения взрывобезопасности» был проведен анализ статистики и анализ причин аварий, произошедший на нефтеперерабатывающих предприятиях. Дано понятие взрывобезопасности и меры ее обеспечения.

Выводы по первому разделу

Делая выводы по первому разделу исследования, можно сказать, что «наибольшее количество аварий, произошедших на объектах нефтеперерабатывающих предприятиях, пришлось на 2012 год, что соответствует 30 % от общего количества аварий. К 2015 году наблюдается спад аварий, и доля в общем объеме составила 6 %. В 2016 и 2017 гг. на объектах нефтепереработки произошло по 19 аварий, и их доля в общем объеме достигла по 13 % соответственно. По данным Ростехнадзора, в 2018

году на нефтехимических и нефтеперерабатывающих предприятиях произошло 12 аварий, и в 2019 году – 19 аварий» [25]. На нефтегазоперерабатывающих заводах противопожарными системами обязательно оснащают всё оборудование, задействованное в переработке и хранении углеводородов – установки ЭЛОУ-АВТ, ректификационные колонны, резервуары для хранения сырья.

По итогам анализа понятий взрывобезопасности, в настоящем исследовании, под взрывобезопасностью мы будем понимать такое состояние технологического процесса промышленного предприятия, при котором возможность взрыва исключена, либо, в случае его возникновения, обеспечивается максимальная защита производства. В качестве эффективного способа обеспечения взрывобезопасности стоит считать снижение концентрации горючего до показателей, меньших, чем нижний концентрационный предел.

## **2 Анализ объекта исследования и способов обеспечения безопасности**

### **2.1 Краткая характеристика предприятия**

Установка переработки нефти расположена в Западной Сибири на территории Тюменской области, Октябрьского района ХМАО в 10-15 метрах от трассы Нягань – п. Талинский, на 37 километре автодороги Нягань – поселок Талинский – Ханты-Мансийск; занимает территорию площадью 9,6 га; по периметру 1280,5 м. На местности, прилегающей к территории объекта, радиационноопасных предприятий нет.

Среднесписочная численность персонала на производственной площадке установки переработки нефти ООО «Красноленинский НПЗ» составляет 88 чел., из них ИТР – 9 чел., максимально в дневную смену – 50 чел. (включительно с персоналом столовой).

Установка атмосферой перегонки нефти V-6000 предназначена для переработки нефти Талинской площади Красноленинского месторождения, поступающей из цеха подготовки и перекачки сырой нефти ЦППСН №3 АО «РН-Няганьнефтегаз». Проектная производительность установки по сырью составляет 275 242 тонн в год (при 350 рабочих днях в году).

Основные производственные объекты установки атмосферой перегонки нефти:

- узел учета нефти;
- узел подогрева сырья;
- печь нагрева сырья;
- блок колонн, конденсационное оборудование;
- холодильники;
- насосы для перекачки сырья и нефтепродуктов;
- емкости промежуточного хранения нефтепродуктов;
- подземные емкости;

- факельная система;
- блок подготовки газа (БПГ);
- блок подачи депрессорных присадок (БПДП);
- пункт налива готовой продукции в автоцистерны;
- артезианские скважины, установка обезжелезивания воды, комплекс водоочистки;
- система оборотного водоснабжения;
- система обеспечения техническим воздухом КИПиА;
- блочно-модульная установка обеспечения инертным газом (АМУ-1,67/8);
- система промливневой канализации;
- система хозяйственно-бытовой канализации.

Технология процесса предусматривает первичную переработку нефти с ограниченным содержанием солей и воды, заключающуюся в разделении ее на фракции по ассортименту, количеству и качеству получаемых продуктов и полуфабрикатов.

Установка атмосферной перегонки нефти построена нефтегазодобывающим управлением «Красноленинскнефть» акционерного общества «Кондпетролеум». Оборудование установки поставлено компанией «Ventech engineers inc», Pasadena, Texas, USA. Проект привязки установки выполнен проектной организацией «Гипронг – Эком», г. Тюмень, введена в эксплуатацию в июле 1996 года.

В соответствии с проектной документацией ООО «Эмерсон» №5022-АТХ от 12.06.2007 г. в 2007 году была внедрена автоматизированная система управления технологическим процессом Delta V.

В ноябре 2012 г. введен в эксплуатацию блок подготовки топливного газа (БПГ). Проект по техническому перевооружению технологической установки АТ марки V-6000 для использования факельного газа на собственные нужды выполнен ЗАО НИПИ «Сибпроект-Сервис», проект № 689/Красноленинский НПЗ/ДК/10/226.

В июне 2013 г. выполнено техническое перевооружение факельной системы по проекту №219/12Красноленинский НПЗ/НГИ-295-ПИР, разработанному научно-производственным предприятием ООО «Нефтегазинжиниринг».

В июле 2014 г. реализован проект реконструкция системы замера уровней резервуаров товарного парка на ТУ ПН. Проект разработан ООО «Нягань-АСУ нефть», № проекта 93893671.50 5100.030.

В декабре 2014 г. введен в эксплуатацию теплообменный аппарат «сырье – кубовый остаток» поз. Е-101/D. Проект по монтажу резервного теплообменника «сырье – кубовый остаток» разработан ООО «Самаранефтегазпроект», № проекта 014-03/10257/281.

В декабре 2014 г. введена в эксплуатацию компрессорная установка блочно-модульного исполнения, предназначенная для обеспечения воздухом КИП и А. Проект разработан научно-производственным предприятием ООО «Нефтегазинжиниринг», № проекта 33/13Красноленинский НПЗ/НГИ-303-ПИР.

В декабре 2014 г. ОАО «ВНИИУС» произведен поверочный расчет технологического оборудования установки на максимальную производительность. Результатами расчета установлено, что максимальная производительность технологической установки по переработке нефти составит 287 280 тонн в год (при 350 рабочих днях в году).

Защита конденсационных трактов колонн производится за счёт подачи нейтрализующего агента и ингибитора коррозии. Система защиты верхних трактов колонн состоит из:

- узла приготовления и подачи раствора нейтрализатора;
- узла приготовления ингибитора;
- узла подачи ингибитора.

При соответствующем обосновании, допускается осуществлять разбавление реагентов не в отдельной ёмкости, а за счёт смешения с разбавителем в потоке. В этом случае необходимо предусмотреть наличие

обратных клапанов на соответствующих линиях, для исключения возможности движения реагента в поток бензина при засорении подающей форсунки.

Узел приготовления и подачи раствора нейтрализатора должен включать:

- емкость нейтрализатора, оборудованную уровнемером (предпочтительно радарного типа) с выводом показаний в операторную, и вторым уровнемером по месту. Объем ёмкости должен быть рассчитан не менее, чем на суточную подачу. Емкость должна быть оборудована дренажем в закрытую систему, воздушником, люком-лазом. Для подготовки к ремонту должна быть предусмотрена линия подачи керосиновой фракции (или фракции «105-180») и линия пропарки;
- дозировочные насосы (основной и резервный на каждую колонну) с возможностью подачи до 25,0 грамм нейтрализатора на тонну верхнего продукта колонны;
- мерные стаканы на приёме насосов;
- распылительную форсунку для ввода нейтрализатора. Место подачи нейтрализатора должно быть максимально близко к шлемовой части колонны;
- площадку обслуживания у форсунки нейтрализатора.

Узел приготовления раствора ингибитора должен включать:

- емкость приготовления ингибитора, включающей уровнемер (предпочтительно радарного типа) с выводом показаний в операторную, и второго уровнемера по месту. Емкость должны быть оборудована дренажем в закрытую систему, воздушником, люком-лазом;
- линию подачи керосиновой фракции или фракции «105-180<sup>0</sup>С» в ёмкость для разбавления;
- узел закачки ингибитора из бочек, дренажную линию;

- линию пропарки;
- циркуляционного насоса для перемешивания;
- объём ёмкости должен составлять величину не менее, чем 2-х суточную потребность.
- ввод ингибитора через распылительную форсунку;
- площадку обслуживания у форсунки;
- место ввода ингибитора – на 3,0м ниже после места ввода нейтрализатора по ходу продукта.

Дозировочные насосы должны иметь врезку линии пропарки в выкидную линию после выкидной арматуры. Закачку ингибитора и нейтрализатора в ёмкости из бочек осуществить бочковыми насосами.

Для качественного мониторинга рН дренажных вод необходимо предусматривать уровень раздела фаз на ёмкостях орошения колонн и клапан-регулятор на линии дренажа воды с ёмкости орошения с автоматической коррекцией по уровню раздела фаз.

Применение системы ХТЗ оборудования должно иметь непрерывный характер на всём протяжении межремонтного пробега установки. Перерывы в подаче реагентов недопустимы.

Любые отклонения от нормативных значений параметров, характеризующих эффективность работы систем ХТЗ, должны анализироваться. По результатам анализа должны быть предприняты корректирующие мероприятия для недопущения повторения отклонений.

Технологическая установка по переработке нефти разделена по технологическому принципу на двенадцать блоков. Структурно, технологическая схема процесса на установке изображена на рисунке 5.

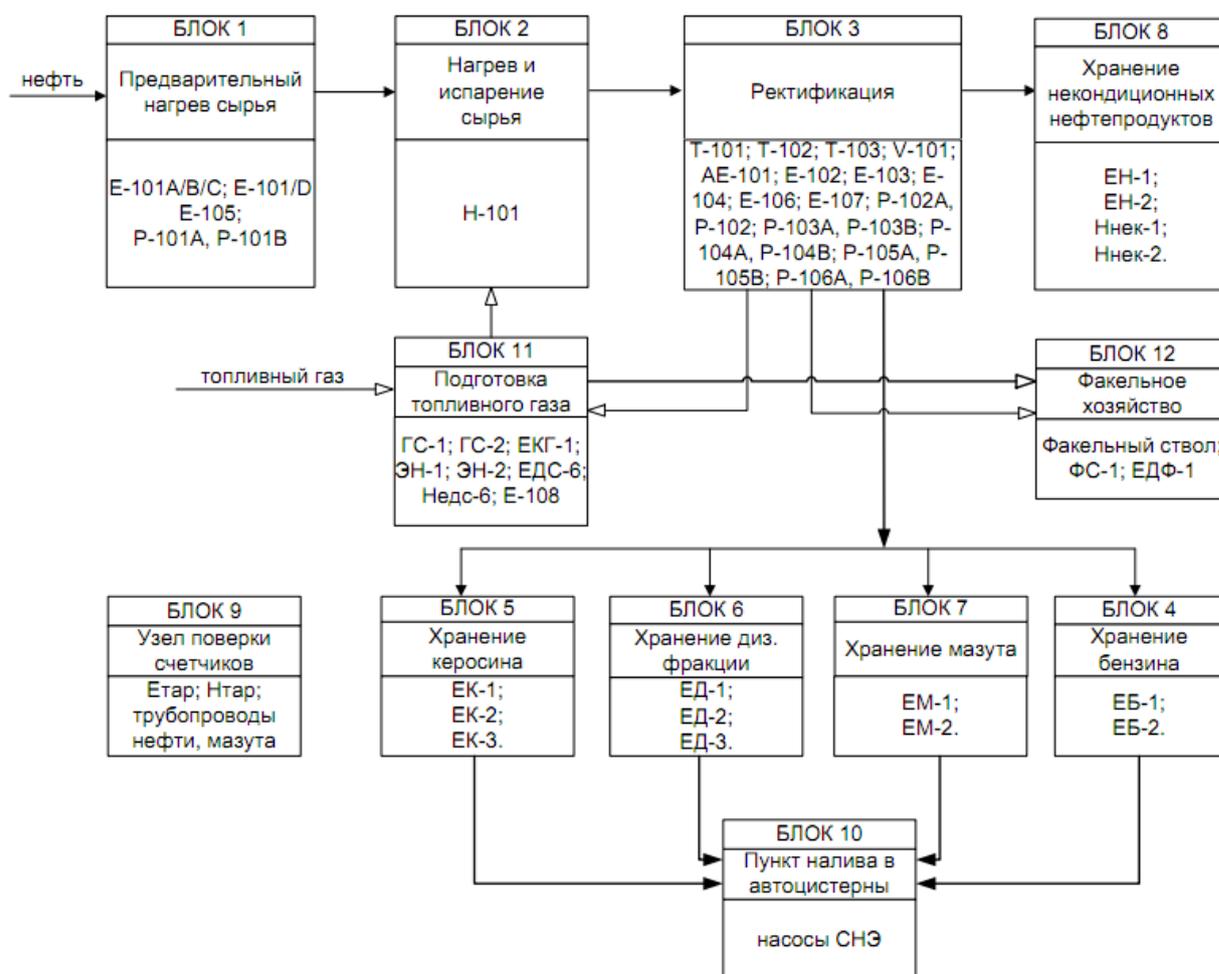


Рисунок 5 – Состав блоков технологического процесса

Технологическая установка по переработке нефти, площадка пункта налива нефтепродуктов, сети газораспределения и газопотребления относятся к опасным производственным объектам. Это обусловлено наличием и обращением взрывопожароопасных веществ – нефти, фракций: бензиновой, керосиновой, дизельной, остатка атмосферной перегонки, углеводородного газа (переработки).

«Безопасность эксплуатации подобных технологических объектов достигается герметичностью оборудования и тщательным соблюдением правил безопасности и норм технологического режима» [1].

К возможным опасным ситуациям, которые могут возникнуть в период эксплуатации производства и повлечь за собой аварийную ситуацию, относятся:

- содержание сернистых соединений в нефти и нефтепродуктах, что приводит к повышенному коррозионному износу оборудования с возможным образованием свищей и разгерметизацией емкостных аппаратов, резервуаров или трубопроводов;
- природные явления: удар молнии, сильные морозы и ветры и т. п., что может явиться причиной разгерметизации оборудования, разрушения коммуникаций и выброс значительных масс углеводородных газов и паров, нефти и нефтепродуктов из емкостей и трубопроводов;
- разгерметизация насосного, теплообменного и колонного оборудования, аппаратов и сосудов, работающих под давлением, используемых в процессе переработки и отгрузки нефтепродуктов, может привести к аварии в виде пожара или взрыва паровоздушной смеси (ПГС);
- прекращение или перебои в снабжении электроэнергией, воздухом КИП, пара, отсутствие циркуляции оборотной воды, и др., что может привести к критическому отклонению параметров работы технологической системы с последующим нарушением герметичности оборудования и выбросом опасных веществ в окружающее пространство;
- ошибочные действия обслуживающего персонала, что может привести к критическим отклонениям технологических параметров, нарушению герметичности технологической системы, взрыву и/или пожару.

Основные опасности производства, обусловленные характерными свойствами сырья, полупродуктов, готовой продукции, отходов производства:

- «сырьё – сырая нефть; продукция – бензиновая, керосиновая, дизельная фракции, остаток атмосферной перегонки; углеводородный

и топливный газ являются взрывоопасными и пожароопасными веществами;

- нефть и нефтепродукты являются диэлектриками, и при их перемещении по трубопроводам и аппаратам накапливается потенциал статического электричества;
- пары нефти и углеводородный газ, содержащие соединения серы токсичны, вдыхание которых может привести к отравлению;
- пары нефти и бензина, углеводородный газ, как правило, тяжелее воздуха и могут скапливаться в низких местах и углублениях (канавы, колодцы, траншеи), в открытых емкостях с образованием взрывоопасной смеси с воздухом;
- соединениям серы, содержащимся в нефти свойственно вступать в реакцию с металлом оборудования с образованием пирофорных соединений;
- процесс перегонки нефти сопровождается коррозией оборудования с возможностью образования свищей;
- насыщенный водяной пар (температурой около 180 °С) представляет опасность получения термического ожога» [19];
- химические реагенты – ингибитор коррозии, нейтрализатор, присадки к остатку атмосферной перегонки и дизельной фракции токсичны.

Во время работы установки могут возникнуть следующие аварийные ситуации:

- прекращение подачи водяного пара;
- прекращение подачи электроэнергии;
- прекращение подачи воздуха КИП;
- прекращение подачи топливного газа;
- загазованность территории;
- прекращение подачи оборотной воды;
- прогар змеевика печи;
- отказ АСУТП;

– нарушения герметичности оборудования и трубопроводов.

Рассмотрим пожаро- и взрывоопасность технологического оборудования на установке в таблице 3.

Таблица 3 – Пожаро- и взрывоопасность технологического оборудования на установке

Наименование помещения, технологического оборудования	Наименование горючих (взрывчатых) веществ и материалов	Краткая характеристика пожарной опасности	Средства тушения
Товарно-сырьевой парк	Бензин, дизельное топливо, керосин, мазут	Пожароопасно	ВМП, ГПС-600
Насосная внутренней перекачки	Керосин, мазут	Пожароопасно	Система паротушения, аэрозольное тушение, ВМП, ГПС-600
Паро-водогрейная котельная	Топливный газ	Взрывопожароопасно	Система паротушения, аэрозольное тушение
Блок подготовки газа	Топливный газ	Взрывопожароопасно	Система паротушения, аэрозольное тушение
Печь Н-101	Топливный газ, нефть	Взрывопожароопасно	Система паротушения, аэрозольное тушение
Блок ректификации	Бензин, дизельное топливо, керосин, мазут.	Взрывопожароопасно	ВМП, ГПС-600
Пункт налива	Бензин, дизельное топливо, керосин	Пожароопасно	ВМП, ГПС-600

Сводные показатели риска аварий технологического оборудования приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Показатели риска на площадке нефтяного месторождения

Наименование составляющей декларируемого объекта	Коллективный риск смертельного поражения персонала ВГПЗ, чел/год	Индивидуальный риск смертельного поражения персонала ВГПЗ, 1/год	Риск нанесения материального ущерба от наиболее опасных аварий, руб./год	Риск нанесения экологического ущерба от наиболее опасных аварий, руб./год
Резервуарный парк	2,80E-04	2,33E-05	37500	192
Насосная станция	3,22E-04	1,01E-05		
Технологические трубопроводы	4,20E-04	2,47E-05		
Компрессорный цех	3,95E-04			
Система транспорта	1,10E-03	1,89E-05		

Риск смертельного поражения населения и персонала сторонних организаций отсутствует.

Наиболее вероятными авариями технологического оборудования являются аварии, сопровождающиеся проливом ЛВЖ без возгорания при разгерметизации насосного или резервуарного оборудования.

Наибольшая частота данных аварий составляет  $1,2 \cdot 10^{-2}$  1/год в открытой насосной блоке НТС.

При возникновении данных аварий, пострадавших не ожидается.

Средний индивидуальный риск гибели персонала резервуарного парка составляет  $2,33 \cdot 10^{-5}$  1/год.

Средний индивидуальный риск гибели персонала компрессорного цеха составляет  $1,01 \cdot 10^{-5}$  1/год.

Средний индивидуальный риск гибели персонала насосных станций составляет  $2,47 \cdot 10^{-5}$  1/год.

Средний индивидуальный риск гибели персонала трубопроводного хозяйства составляет  $1,89 \cdot 10^{-5}$  1/год.

Риск смерти человека от внешних причин составил  $1,25 \cdot 10^{-4}$  в год.

Фоновые показатели риска в России представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Фоновые показатели риска в России

Наименование показателя риска	Значение показателя, 1/год
Риск быть убитым	$1,0 \cdot 10^{-4}$
Риск гибели человека от транспортных травм (всех видов)	$2,1 \cdot 10^{-4}$
Риск гибели от случайного отравления алкоголем	$7,0 \cdot 10^{-6}$

Риск смерти человека при несчастных случаях на производстве составил  $8,40 \cdot 10^{-5}$  в год.

Таким образом, риск гибели работников объекта в целом ниже установленного риска смерти человека при несчастных случаях на производстве и значительно ниже фоновых показателей гибели человека в обыденной жизни по различным причинам.

Риск смертельного поражения населения и сторонних организаций не прогнозируется.

Анализ свойств обращающихся технологического оборудования опасных веществ, а также статистических данных аварий, связанных с этими веществами, показывает, что разгерметизация оборудования или технологических элементов на декларируемом объекте может сопровождаться:

- загрязнением окружающей природной среды при проливах горючих и легковоспламеняющихся жидкостей и образованием зоны загазованности при выбросах воспламеняющихся газов и паровой фазы ЛВЖ;
- пожарами проливов горючих и легковоспламеняющихся жидкостей;
- взрывами газо- и паровоздушных смесей, образующихся при выбросах воспламеняющихся газов или парении проливов легковоспламеняющихся жидкостей.

Основными последствиями аварий на рассматриваемом объекте будут:

- взрывы газо- и паровоздушных смесей, которые образуются при выбросах из элементов оборудования или парении проливов конденсата, ШФЛУ и других жидкостей;
- полномасштабное горение обогащенных облаков топливно-воздушных смесей по системе «огненный шар»;
- факельное горение топлива при разгерметизации элементов трубопроводов;
- загрязнение окружающей природной среды.

Схемы развития аварий, связанных с обращающимися опасными веществами, будут зависеть от конкретных технологических параметров (давление, температура), вида окружающего пространства (открытое или замкнутое) и характера поступления опасного вещества (залповый выброс, медленное истечение).

На установке предусмотрен ряд мероприятий, направленных на повышение безопасности при ее эксплуатации:

- аварийный останов технологической установки программной кнопкой поз. SB 1 на мнемосхеме на экране автоматизированного рабочего места (АРМ) оператора технологических установок;
- аварийный останов ключом поз. SB 2 в операторной технологической установки;
- аварийный останов печи нагрева нефти поз. Н-101 кнопкой поз. SB 3 со щита управления на ГРУ печи поз. Н-101;
- сигнализация (предаварийные значения контролируемых параметров) и аварийный останов технологической установки системой АСУ «ПТК Delta V» при выходе контролируемых параметров за пределы допустимых значений;
- запорная арматура с электроприводом (с местным и дистанционным управлением) на границах технологических блоков и на трубопроводах паротушения блок-боксов технологического оборудования;

- система контроля загазованности о превышении предельно допустимой концентрации (ПДК) углеводородов;
- система противопожарной сигнализации;
- система противопожарного оповещения;
- подача инертного газа на продувку оборудования;
- система громкого оповещения;
- система аэрозольного тушения;
- система паротушения;
- система противопожарного водоснабжения;
- система пенотушения.

Система аэрозольного тушения состоит из генераторов типа АГС-6 и кнопок активации. Кнопки активации системы расположены у входа в помещения технологического оборудования.

Система противопожарного оборудования включает в себя резервуары противопожарного водоснабжения поз. РВС-1000/1, РВС-1000/2 объемом по 1000 м<sup>3</sup> каждый. Для подачи противопожарной воды в очаг загорания предусмотрены центробежные насосы типа 200Д-90 поз. НПВ-1, НПВ-2. Циркуляционные насосы поз. Нц-1, Нц-2 поддерживают постоянное давление в сети противопожарного водоснабжения. При снижении давления (включение пожарных гидрантов или пожарных лафетов) с АСУ «ПТК Delta V» подается сигнал на останов циркуляционного насоса и запуск одного из основных насосов согласно алгоритму управления.

Система пенотушения состоит из резервуаров с раствором пенообразователя поз. ЕПП-1, ЕПП-2 по 50 м<sup>3</sup> каждый. Для подачи раствора пенообразователя к очагу загорания предусмотрены насосы поз. НПП-1, НПП-2. Для организации постоянной циркуляции раствора пенообразователя (в зимний период) предусмотрены циркуляционные насосы поз. Нц-3, Нц-4. Запуск основных насосов осуществляется на местном посту управления и через «сухотруб» подачи раствора пенообразователя подается на краны

Маевского, откуда посредством пожарных рукавов собирается схема подачи раствора пенообразователя к очагу загорания.

Система промышленной ливневой канализации состоит из дождеприемников и промежуточных колодцев, через которые собираются стоки из каре парка товарной продукции, каре некондиционных нефтепродуктов, каре печи нагрева нефти поз. Н-101, каре парка остатка атмосферной перегонки, каре БПГ, а также подтоварная вода из емкостей товарного парка и емкостей некондиционных нефтепродуктов. Стоки поступают в подземную емкость сбора промышленных стоков поз. ЕДК-1, ЕДК-2. После отстоя промышленные стоки откачиваются на ЦППСН№3 АО «РН-Няганьнефтегаз».

Хозяйственно-бытовые стоки собираются в емкость поз. ЕФК-1 и ЕФК-2 и далее вывозятся автотранспортом на очистные сооружения специализированной организации.

## **2.2 Проекты технических решений, направленных на обеспечение взрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств**

Основной целью разработки проекта технического решения является обеспечение технологической установки по переработке нефти безопасной и эффективной эксплуатации путем применения современных технологий, материалов, оборудования.

Техническое решение, направленно на улучшение техносферной безопасности в частности:

- внедрение стандартизированных процессов, инструментов и методик;
- повышение эффективности мероприятий в области комплексной защиты оборудования технологической установки по переработке нефти от воздействия внешних и внутренних факторов;
- оптимизация затрат на реализацию мер по защите технологической установки по переработке нефти путем выбора наиболее

эффективных реагентов и технологий защиты, а также установления оптимальных мер потребления;

- повышение уровня компетенций персонала и формирование культуры производства, основанной на безопасности и эффективности осуществления финансово-хозяйственной деятельности.

На фоне общего ухудшения качества перерабатываемой нефти на НПЗ немаловажное значение для достижения данной цели играет надежность эксплуатируемого оборудования и сроки межремонтного пробега.

«Коррозионный износ оборудования установки переработки нефти является одним из основных препятствий на пути увеличения их межремонтного пробега» [21].

«Особенно актуальной проблема защиты оборудования от коррозии стала в последние годы в связи с общим ухудшением качества перерабатываемой нефти, а также вследствие участвовавшего попадания в нефть при ее добыче хлорорганических соединений» [21].

Существующие методы защиты, используемые на производстве, имеют стандартный набор опций, правильное применение которых, позволяет максимально снизить риски преждевременного износа аппаратов и трубопроводов, снизить затраты на их ремонт и повысить прибыльность производства.

Настоящий проект технического решения касается мероприятий по организации ХТЗ оборудования и трубопроводов установки первичной переработки нефти, нормирования и учёта расхода реагентов и порядка контроля эффективности работы системы ХТЗ.

«Надежность и долговечность эксплуатации оборудования установки АТ должна обеспечиваться рациональным подбором конструкционных материалов при условии применения химико-технологических мероприятий, направленных на снижение коррозионной агрессивности технологических сред. При эффективном выполнении антикоррозионных мероприятий срок службы оборудования увеличивается в 2-3 раза» [22].

«Защита от коррозии оборудования конденсационно-холодильного узла, верхней части корпуса и элементов тарелок атмосферной колонны производится в условиях конденсации влаги. Для этого, в зависимости от режима аппарата, нейтрализующий реагент вводится в верхние погоны или в линию острого орошения» [22]. Результаты выполненной работы представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Анализ технических решений, направленных на улучшение техносферной безопасности нефтеперерабатывающих производств

Наименование технического решения	Известные технические решения	Преимущества известных технических решений	Недостатки известных технических решений	Положительные эффекты от использования решений
1	2	3	4	5
<p>Подача в шлемовую линию ректификационной колонны нейтрализатора коррозии</p>	<p>Подача аммиачной воды, в шлемовую линию ректификационной колонны.</p>	<p>«Применение водных растворов аммиачной воды с подачей в шлемовый трубопровод обеспечивает нейтрализацию образующейся в процессе нагрева сырья соляной кислоты, что предотвращает разрушение пленки сульфида железа и обеспечивает частичную защиту оборудования от коррозии» [12].</p>	<p>«При избыточном содержании аммиака образуются в процессе соли хлористого аммония, которые отлагаются на внутренней поверхности оборудования и трубопроводов, что может привести к закупориванию аппаратуры. Также сброс с сточными водами аммонийных солей загрязняет атмосферный воздух, ухудшая экологическую ситуацию в регионе, а также аммиак нежелательный в бензиновых фракциях каталитических процессов» [12].</p>	<p>«Использование нейтрализующих неорганических щелочных растворов и органических амидов и аминов (нейтрализатора коррозии и пленкообразующего ингибитора коррозии) обеспечивает комплексную защиту от коррозии шлемовых трубопроводов и конденсационного оборудования в слабокислой среде» [12].</p>

Продолжение таблицы 6

1	2	3	4	5
<p>Подача в линию орошения нейтрализатора коррозии</p>	<p>Подача нейтрализатора в линию орошения ректификационной колонны</p>	<p>«Применение водных растворов аммиачной воды с подачей в шлемовый трубопровод обеспечивает нейтрализацию образующейся в процессе нагрева сырья соляной кислоты, что предотвращает разрушение пленки сульфида железа и обеспечивает частичную защиту оборудования от коррозии» [13].</p>	<p>«При избыточном содержании аммиака образуются в процессе соли хлористого аммония, которые отлагаются на внутренней поверхности оборудования и трубопроводов, что может привести к закупориванию аппаратуры. Также сброс с сточными водами аммонийных солей загрязняет атмосферный воздух, ухудшая экологическую ситуацию в регионе, а также аммиак нежелательный в бензиновых фракциях каталитических процессов» [13].</p>	<p>«Использование нейтрализующих неорганических щелочных растворов и органических амидов, и аминов (нейтрализатора коррозии и пленкообразующего ингибитора коррозии) обеспечивает комплексную защиту от коррозии шлемовых трубопроводов и конденсационного оборудования в слабокислой среде» [13].</p>

Итак, по итогам анализа таблицы 6 можно прийти к выводу, что предлагаемыми техническими решениями в данном исследовании являются: подача в шлемовую линию ректификационной колонны нейтрализатора коррозии и подача в линию орошения нейтрализатора коррозии. В этом случае применение водных растворов аммиачной воды обеспечивает нейтрализацию образующейся в процессе нагрева сырья соляной кислоты, что обеспечивает

комплексную защиту от коррозии шлемовых трубопроводов и конденсационного оборудования.

### 2.3 Определение методов и разработка программы научных исследований

Разрушения технологического оборудования установок нефтеперерабатывающего сектора зачастую вызваны коррозионными процессами. Их механизмы отражены в таблице 7.

Таблица 7 – Механизмы коррозионных процессов, приводящих к специфическим разрушениям оборудования технологической установки по переработке нефти

Наименование этапа	Детализация работы
«Изучение механизма коррозионных процессов, приводящих к специфическим разрушениям оборудования установок первичной переработки нефти» [7].	1. «Хлористоводородно-сероводородная коррозия обуславливается совместным воздействием на металл, растворенных в жидкофазной водной среде (конденсированной влаге)» [7].
	2. «СКР подвергается оборудование из углеродистых и низколегированных сталей при наличии в металле растягивающих (в т.ч. остаточных) напряжений в средах, содержащих влагу и H <sub>2</sub> S, парциальное давление которого в газовой фазе выше 0,0002 Мпа» [7].
	3. «Щелочному КР подвергаются углеродистые и низколегированные стали при концентрации щелочи в водной фазе выше 10% и температуре выше 50°C» [7].

Описание методики исследования технологической установки по переработке нефти представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Описание методики исследования технологической установки по переработки нефти

Метод научного исследования	Описание метода научного исследования
Химико-технологические мероприятия, снижающие коррозию оборудования	<p>1. «Нейтрализатор вводится в шлемовую линию ректификационной колонны, если во время работы отсутствуют условия для конденсации влаги и протекания электрохимической коррозии (т.е. когда температура в верхней части колонны выше «точки росы» не менее, чем на 5°С). Нейтрализатор вводится в линию орошения и в шлемовую линию, если во время работы колонны в верхней части создаются условия для конденсации влаги (температура ниже точки росы)» [14].</p> <p>3. «Для удаления солевых отложений на поверхности труб аппаратов конденсационного и холодильного оборудования и устранения возможной локальной коррозии под ними рекомендуется предусмотреть возможность их водной промывки в период капитального ремонта установки» [14].</p> <p>4. «Если ректификационные колонны имеют облицовку верхней части монель-металлом, то для защиты оборудования (трубопроводов, емкостей орошения, трубных пучков), выполненного из углеродистой стали, необходимо предусмотреть введение нейтрализатора только в шлемовую линию и в количестве, необходимом для установления рекомендованного значения pH среды» [14].</p> <p>5. «Скорость коррозии углеродистой стали на порядок или более уменьшится при повышении значения pH среды с 7,0 до 8,0 (в случае подачи аммиачной воды)» [14]. «Дальнейшее увеличение pH (более 8,5) отрицательно влияет на работу биохимической очистки и вызывает ухудшение качества очищаемых стоков» [14].</p> <p>«Необходимо осуществлять ежедневный контроль (не менее двух раз в смену) за значением pH дренажных вод емкостей орошения (а также сточных вод ЭЛОУ) с помощью pH-метров и фиксировать показания этих приборов в вахтенном журнале (режимном листе). Целесообразно укомплектовать pH-метрами технологические установки, установить приборы на потоках» [14].</p>
Обязательному контролю подлежат следующие показатели	<p>1. Содержание солей и воды в сырой нефти и её плотность.</p> <p>2. Ионный состав (в том числе, содержание ионов Fe<sup>2+</sup>) в дренажной воде емкостей орошения.</p> <p>3. Содержание ионов Cl<sup>-</sup> в дренажной воде емкостей орошения.</p> <p>4. pH дренажной воды емкостей орошения.</p> <p>5. Состояние образцов-свидетелей, установленных на верхних трактах ректификационных колонн (наличие защитной плёнки, скорость коррозии образцов-свидетелей).</p>

Итак, в таблице 8 перечислены методики исследования технологической установки по переработки нефти, такие как химико-технологические мероприятия, снижающие коррозию оборудования (введение нейтрализатора в шлемовую линию, удаление солевых отложений на поверхности труб, отслеживание скорости коррозии углеродистой стали) и обязательный контроль показателей (содержание солей и воды в сырой нефти, её плотность, ионный состав в дренажной воде емкостей орошения, содержание ионов хлора в дренажной воде емкостей орошения, рН дренажной воды емкостей орошения, состояние образцов-свидетелей, установленных на верхних трактах ректификационных колонн).

#### Выводы по второму разделу

Во втором разделе исследования проведен анализ объекта исследования и способов обеспечения безопасности. В начале дана краткая характеристика предприятия. Установка переработки нефти расположена в Западной Сибири на территории Тюменской области, Октябрьского района ХМАО в 10-15 метрах от трассы Нягань – п. Талинский, на 37 километре автодороги Нягань – поселок Талинский – Ханты-Мансийск; занимает территорию площадью 9,6 га; по периметру 1280,5 м.

Далее рассмотрены проекты технических решений, направленных на обеспечение взрывобезопасности нефтеперерабатывающих производств. В частности, это внедрение стандартизированных процессов, инструментов и методик; повышение эффективности мероприятий в области комплексной защиты оборудования технологической установки по переработке нефти от воздействия внешних и внутренних факторов; оптимизация затрат на реализацию мер по защите технологической установки по переработке нефти путем выбора наиболее эффективных реагентов и технологий защиты, а также установления оптимальных мер потребления; повышение уровня компетенций персонала и формирование культуры производства, основанной на безопасности и эффективности осуществления финансово-хозяйственной деятельности.

### **3 Применение технических, организационных мероприятий для обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ»**

#### **3.1 Анализ возможных технических решений для обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ»**

Угрозой разного рода происшествий и аварий на предприятиях нефтеперерабатывающего сектора зачастую является высокая концентрация взрывоопасных газов. Поэтому риск взрыва на таких опасных производственных объектах исключать нельзя, так как все оборудование на установках этих промышленных предприятий связано между собой единым технологическим процессом. Поэтому необходимо постоянное обновление технических решений, направленных на эффективную защиту всего оборудования от взрыва и его распространения, присутствующего на предприятии.

Шиберная задвижка, изображенная на рисунке 6, используется для предотвращения распространения взрыва в трубопроводе.

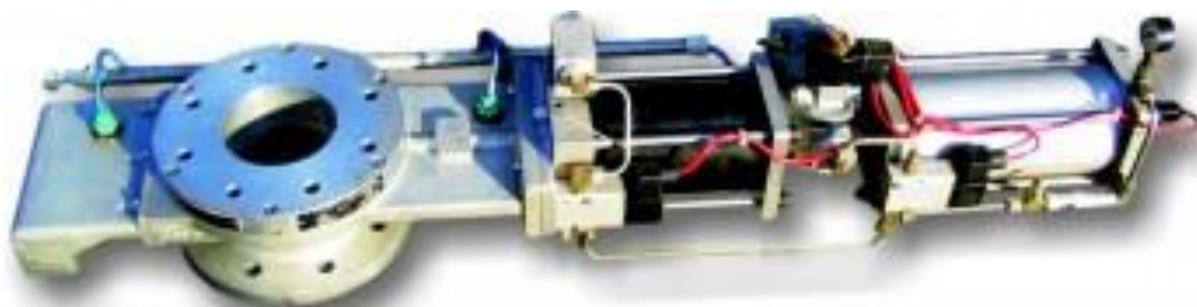


Рисунок 6 – Шиберная задвижка

Ее преимущества: «используется для размеров труб от DN 50, устойчивость к давлению до 10 бар, чрезвычайно быстрое время реакции 0,04 сек, короткое расстояние установки» [19].

Рассматриваемая шиберная задвижка предотвращает распространение взрыва в технологическом трубопроводе. Задвижка активируется сразу после того, как был обнаружен взрыв, который фиксируется детектором. Далее сигнал переходит на панель управления, с которой идет импульс на механизм закрывания задвижки с помощью пневматического механизма.

Принцип действия шиберной задвижки представлен на рисунке 7.

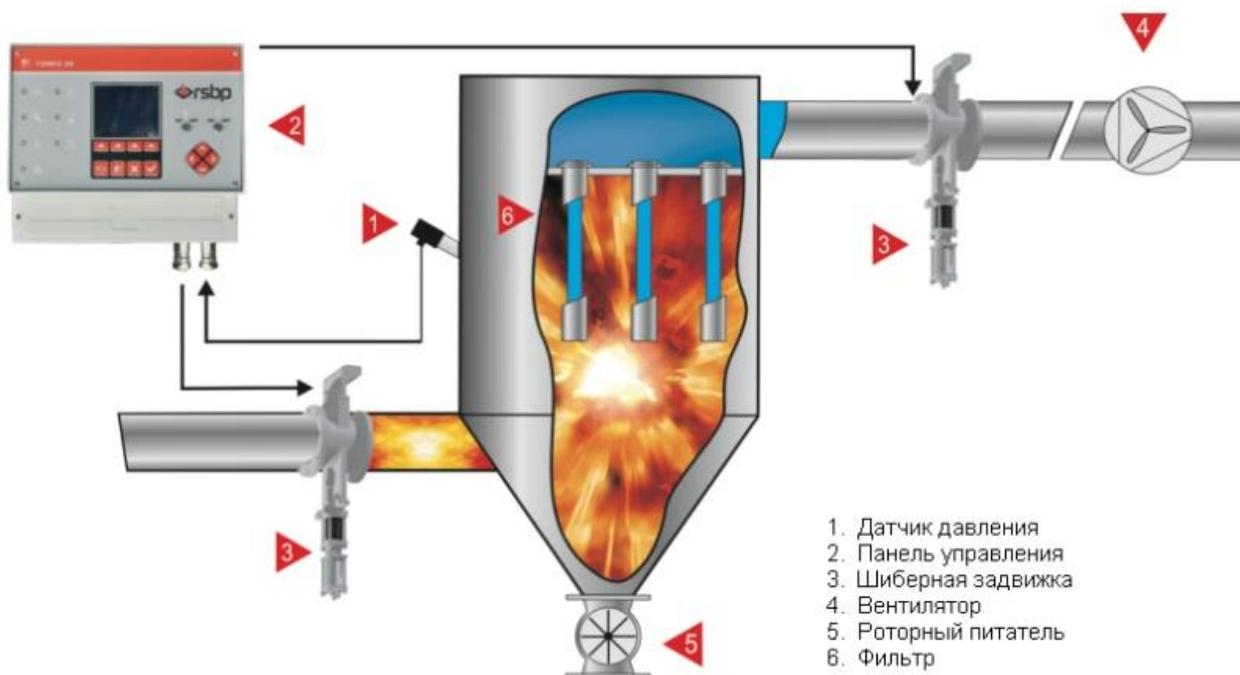


Рисунок 7 – Принцип действия шиберной задвижки

Выпускной поплавковый клапан, изображенный на рисунке 8, «предотвращает распространение пламени и давления взрыва по трубопроводу в другие части технологии производства» [19].



Рисунок 8 – Выпускной поплавковый клапан

Преимущества выпускного поплавкового клапана: «для размеров труб от DN 100, для устройств с температурой до 250°C, не нуждается в электричестве, низкое давление активации и низкие потери давления, короткое расстояние установки, простота обслуживания, соответствует EN 15 089» [19].

Рассматриваемый выпускной поплавковый клапан имеет в качестве назначения в предотвращении распространения взрыва в технологическом трубопроводе. Принцип действия выпускного поплавкового клапана представлен на рисунке 9.

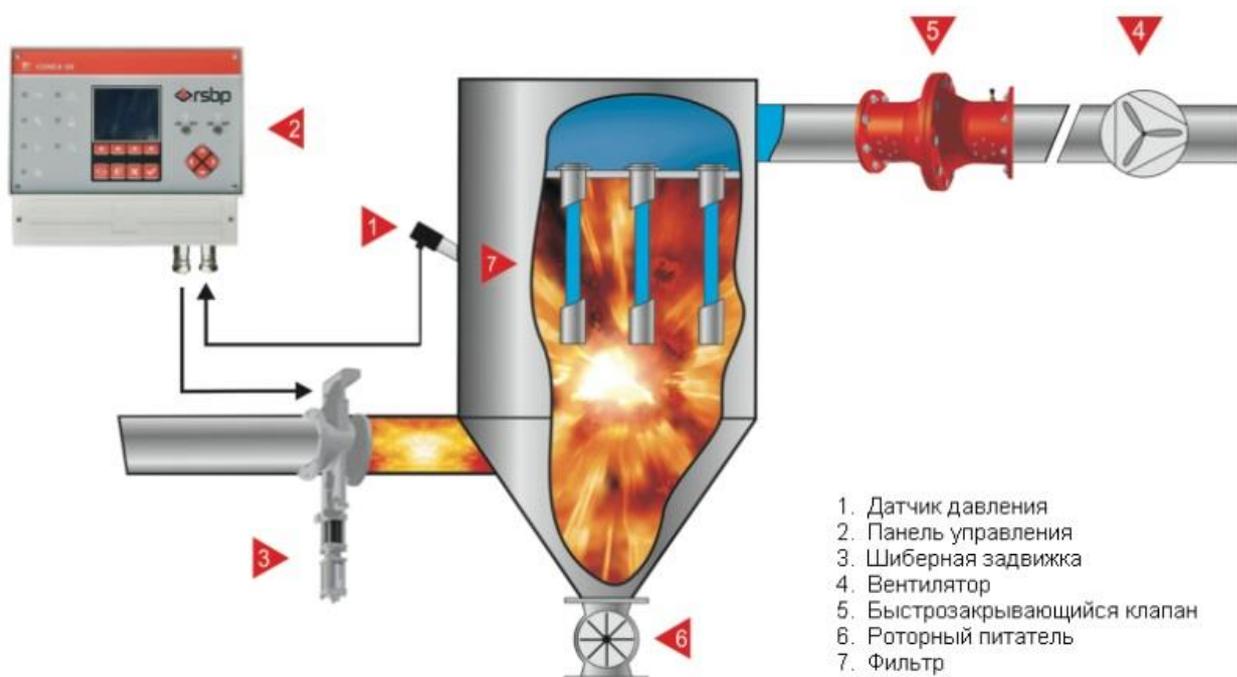


Рисунок 9 – Принцип действия выпускного поплавкового клапана

HRD барьер, изображенный на рисунке 10, характеризуется «чрезвычайно быстрым внесением огнетушащего вещества в трубопровод, подсоединённый к защищаемой технологии. В случае взрыва в первую очередь в трубопроводе распространяется взрывное давление с последующим фронтом пламени. Обе эти величины возможно определить специальными датчиками: оптическими и датчиками давления, которые разработаны для этой цели» [19].



Рисунок 10 – HRD барьер

Преимущества HRD барьера: «высокая скорость реакции системы, независимое архивирование данных с детекторов, вариабельность датчиков, устройств управления и активных элементов, высокое качество компонентов, может использоваться для внешних и внутренних установок, высокая надёжность системы, соответствует EN 15 089» [19].

Рассматриваемый HRD барьер имеет в качестве назначения в предотвращении распространения взрыва в технологическом трубопроводе. Принцип действия HRD барьера отображен на рисунке 11.

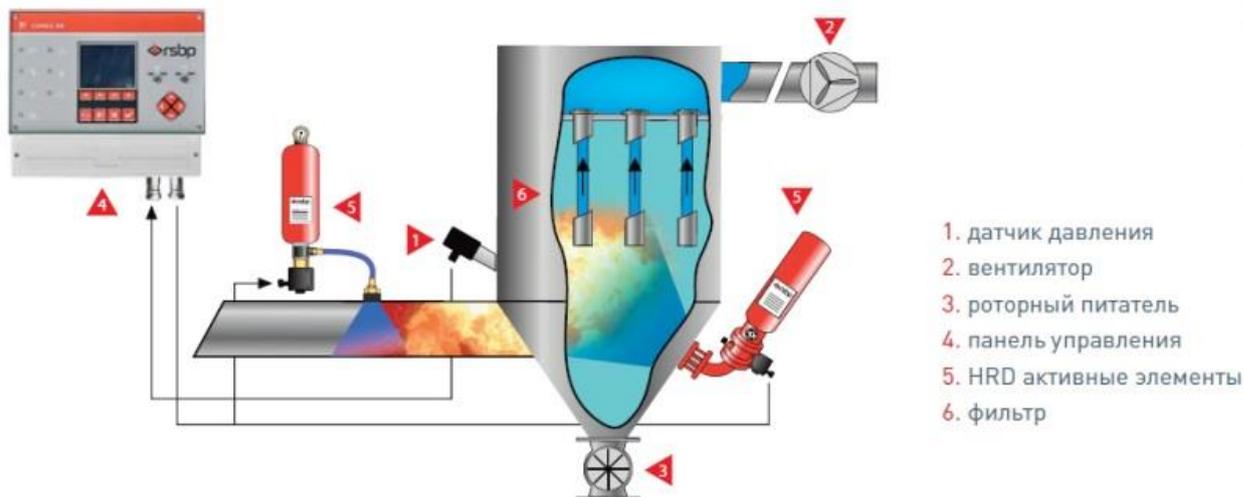


Рисунок 11 – Принцип действия HRD барьера

Детектор, контролирующий появление признаков взрыва, дает сигнал на панель управления, с которой уже идет импульс на активацию HRD барьера. Клапаны мгновенно впускают в систему огнетушащий материал, который создает достаточно эффективный барьер на пути взрыва.

Еще одним устройством, которое помогает предотвратить взрыв, и к тому же обладает ощутимым экономическим эффектом является клапан B-FLAP, изображенный на рисунке 12.

В обычном технологическом режиме клапан находится в открытом состоянии, когда случается взрыв, волна давления закрывает его, что соответствующим образом не дает проникнуть опасному воздействию взрыва в дальнейшую часть технологического трубопровода.



Рисунок 12 – Обратный клапан B-FLAP

Преимущества обратного клапана B-FLAP: «широкий спектр размеров диаметром от 100 мм до 630 мм, возможность использования для органической и неорганической пыли, механическое оборудование без необходимости в электрической энергии и системы спуска, низкие потери давления, высокая устойчивость к давлению, открытие клапана, независящее от потока внутри трубопровода, возможность использования датчика положения, простота установки, контроля и обслуживания, низкие затраты на обслуживание, механическая блокировка при закрытии клапана» [19].

Рассматриваемый обратный клапан B-FLAP имеет в качестве назначения в предотвращении распространения взрыва в технологическом трубопроводе. Принцип действия обратного клапана B-FLAP отображен на рисунке 13.

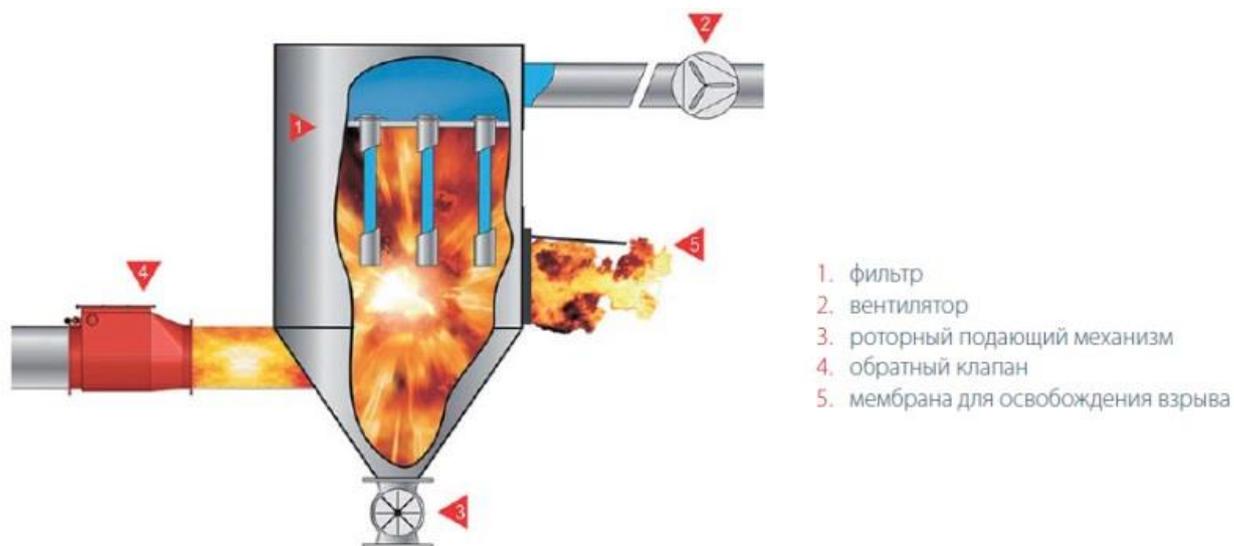


Рисунок 13 – Принцип действия обратного клапана B-FLAP

Характеристики обратного клапана B-FLAP: «материал S235JRG2 – конструкционная сталь, нержавеющей сталь, охрана поверхности, комаксит RAL 3000 – красный, B-FLAP 355 – 630: St1, B-FLAP 100 – 315: St1 a St2» [19].

### **3.2 Патентно-информационный поиск решений обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ»**

Для защиты от взрывов внутритрубных пространств на установке ООО «Красноленинский НПЗ» был осуществлен патентно-информационный поиск возможных технических решений в таблице 9.

Таблица 9 – Патентно-информационный поиск возможных технических решений, направленных на обеспечение взрывобезопасности внутритрубных пространств

Наименование технического решения	Описание технического решения	Преимущества известных технических решений	Недостатки известных технических решений
1	2	3	4
«Способ защиты от взрыва внутри трубопровода» [13].	«Устройство содержит по меньшей мере одну секцию внутритрубного дефектоскопа, содержащую электрический источник питания приборов и устройств дефектоскопа, выключатель электрического источника питания и устройство контроля давления, соединенное с датчиком давления, установленным с возможностью измерения давления в среде, окружающей секцию» [13].	«Устройство контроля давления соединено с выключателем электрического источника питания с возможностью управления выключателем для отключения питания при отсутствии в окружающей секции среде избыточного, по сравнению с атмосферным, давления» [13].	Недостатком данного устройства является то, что оно не обеспечивает взрывозащиту внутритрубного дефектоскопа от всех внешних и внутренних факторов.
Устройство для взрывобезопасного контроля трубопроводов	Одна из секций устройства включает в себя корпус, антенну, переднюю и заднюю крышки, образующие герметичную оболочку, герметичность которой обеспечивается уплотнительными кольцами [14].	Устройство содержит источник питания, датчики, чувствительные к параметрам контролируемого трубопровода. «Электронные средства измерений, обработки и хранения данных измерений, предохранительное устройство с взрывонепроницаемым фильтром и обратным клапаном» [14].	Недостатком данного устройства является то, что оно обеспечивает защиту внутритрубного устройства от взрыва только при перепаде внутреннего или внешнего давления.

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4
Взрывозащищенное внутритрубное устройство	Техническим результатом является повышение взрывобезопасности при работе внутритрубного устройства в трубопроводах.		Обеспечивается использование трех видов взрывозащиты: – применением по меньшей мере одной секции, которая содержит взрывонепроницаемую герметичную оболочку; – выполнением блока электроники с возможностью управления батарейным питанием взрывозащищенного внутритрубного устройства; – использованием искробезопасной электрической цепи.

По итогу анализа выбираем «взрывозащищенное внутритрубное устройство. Изобретение относится к области контроля трубопроводов, в частности к обеспечению защиты внутритрубного устройства и трубопровода от возможного взрыва во время диагностического пропуска внутритрубного устройства в трубопроводе» [12]. Изобретение включает секцию, которая содержит взрывонепроницаемую герметичную оболочку, включающую в себя корпус, крышку переднюю, уплотнительные кольца, обеспечивающие герметичность взрывонепроницаемой герметичной оболочки, кассету батарейную и блок электроники. Блок содержит измерительную аппаратуру и аппаратуру записи диагностической информации, при этом он выполнен с возможностью управления кассетой батарейной, в которой установлены автономные источники питания. В состав блока электроники входит также блок искрозащиты, который содержит три диода, последовательно включенные в электрические цепи взрывозащищенного внутритрубного

устройства, имеющие выход на внешние электрические разъемы взрывонепроницаемой герметичной оболочки.

Техническим результатом является повышение взрывобезопасности при работе внутритрубного устройства в трубопроводах.

Таким образом, повышение взрывобезопасности при работе взрывозащищенного внутритрубного устройства обеспечивается совместным использованием трех видов взрывозащиты:

- применением по меньшей мере одной секции, которая содержит взрывонепроницаемую герметичную оболочку;
- выполнением блока электроники с возможностью управления батарейным питанием взрывозащищенного внутритрубного устройства;
- использованием искробезопасной электрической цепи.

Для возможности улучшения обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ» с использованием ингибиторов и флегматизации был осуществлен патентно-информационный поиск возможных технических решений в таблице 10.

Таблица 10 – Патентно-информационный поиск возможных технических решений, направленных на обеспечение взрывобезопасности с использованием ингибиторов и флегматизации

Наименование технического решения	Описание технического решения	Преимущества известных технических решений	Недостатки известных технических решений
1	2	3	4
«Способ предотвращения взрыва газовой смеси» [16].	«Способ заключается в подаче во взрывоопасную среду ингибитора, по которому предварительно регистрируют концентрацию газовой смеси и при» [16].	«Предварительная регистрация концентрации газовой смеси» [16].	«Ограниченные функциональные возможности, обусловленные отсутствием учета динамики изменения температуры взрывоопасной среды, отсутствием полного перекрытия» [16].

Продолжение таблицы 10

1	2	3	4
	<p>«приближении ее к предельно допустимым взрывоопасным концентрациям, в зону предполагаемого скопления взрывоопасных газов подают ингибитор до момента образования в ней взрывоопасной концентрации» [16].</p>		<p>поступления газа в рабочую зону помещения и контроля количественного содержания ингибитора в смеси.</p>
<p>«Способ для предотвращения взрывов газа в выработанном пространстве» [17].</p>	<p>«Способ включает периодическую подачу за механизированную крепь в выработанное пространство пены с образованием изолирующих полос. Изолирующие полосы создают из монтажной пены, на основе жидкого полимера с пропиленом, с последующим образованием жесткого пенополиуретана, причем первичную высоту заливки монтажной пены принимают равной половине вынимаемой мощности, а минимальную ширину изолирующей полосы принимают равной вынимаемой мощности» [17].</p>	<p>«Использование изолирующих полос» [17].</p>	<p>«Сложность его работы, а также невысокая надежность предотвращения взрыва газа за счет не гарантированного полного перекрытия поступления воздуха в выработанное пространство» [17].</p>
<p>Устройство для задержания огня и свободного прохождения газов</p>	<p>Способ включает кассету, которая разделена на зоны, которые заполнены гранулированным телом, причем зона, заполненная дополнительным слоем гранулированного тела из огнегасящего агента, выполненного в виде микрокапсул с огнетушащим веществом,</p>	<p>Преимущество заключается в использовании дополнительно го слоя гранулированного тела из огнегасящего агента, выполненного в виде</p>	<p>Значительное изменение конструкции при его использовании, сложное восстановление работы устройства после использования, высокая стоимость огнепреграждающей кассеты [18].</p>

Продолжение таблицы 10

	<p>размещена со стороны поступления пламени горящих газов, а огнепреграждающий элемент имеет средство для перемещения при снижении массы дополнительного слоя гранулированного тела из микрокапсулированного огнегасящего агента и соединен с управляющим органом запорно-пускового устройства для подачи мелко распыленного огнегасящего агента навстречу потоку горючих газов, при этом в кассете между зонами, заполненными различным гранулированным телом, смонтирована фиксирующая сетка [18].</p>	<p>микрокапсул с огнетушащим веществом, которая размещена со стороны поступления пламени горящих газов [18].</p>	
<p>«Установка автоматического предотвращения взрыва газовоздушной смеси» [15].</p>	<p>Повышение надежности устройства, предотвращение взрыва газовоздушной смеси в случае аварии на нефтехимических производствах при падении давления внутри колонн, емкостей [15].</p>	<p>—</p>	<p>Применен датчик давления, с которым соединена гидроздвижка с возможностью работы в автоматическом режиме, связанная с емкостью с флегматизатором, при этом введена линия подачи пара с возможностью рассеивания парогазовоздушной смеси, охватывающая колонну по периметру на различных уровнях [15].</p>

По итогу анализа выбираем «установку автоматического предотвращения взрыва газовоздушной смеси. Изобретение относится к установке автоматического предотвращения взрыва газовоздушной смеси.

Техническим результатом является локализация газозвдушного облака вблизи колонны и снижение концентрации парогазозвдушной смеси. Установка автоматического предотвращения взрыва газозвдушной смеси содержит датчик, связанный со звуковой сигнализацией» [15]. В качестве датчика применен датчик давления. С датчиком соединена гидрозавдвижка с возможностью работы в автоматическом режиме, связанная с емкостью с флегматизатором. Введена линия подачи пара с возможностью рассеивания парогазозвдушной смеси, охватывающая колонну по периметру на различных уровнях.

«Изобретение относится к технике безопасности в промышленности и может быть применено для автоматического предотвращения взрыва газозвдушной смеси в случае аварии на нефтехимических производствах при падении давления внутри колонн, емкостей» [15].

Вероятность возникновения взрыва газозвдушной смеси наиболее высока на объектах нефтехимической и химической промышленности, где хранятся и используются значительные объемы горючих газов и легковоспламеняющихся жидкостей. Нефтехимическая и химическая промышленность насчитывает свыше миллиона объектов по всему миру, что в свою очередь только повышает риск возникновения аварий, при которых происходит взрыв газозвдушной смеси, поэтому на сегодняшний день проблема возникновения такого рода аварий особенно актуальна.

Задачей изобретения является повышение надежности устройства, предотвращение взрыва газозвдушной смеси в случае аварии на нефтехимических производствах при падении давления внутри колонн, емкостей.

Технический результат: «локализация газозвдушного облака вблизи колонны и снижение концентрации парогазозвдушной смеси за счет автоматической подачи флегматизатора в колонну и пара в окружающий ее объем» [15].

Поставленная задача решается, а технический результат достигается тем, что в установке автоматического предотвращения взрыва газовой смеси, содержащей датчик, связанный со звуковой сигнализацией, согласно изобретению в качестве датчика применен датчик давления, с которым соединена гидрозадвижка с возможностью работы в автоматическом режиме, связанная с емкостью с флегматизатором, при этом введена линия подачи пара с возможностью рассеивания парогазовой смеси, охватывающая колонну по периметру на различных уровнях.

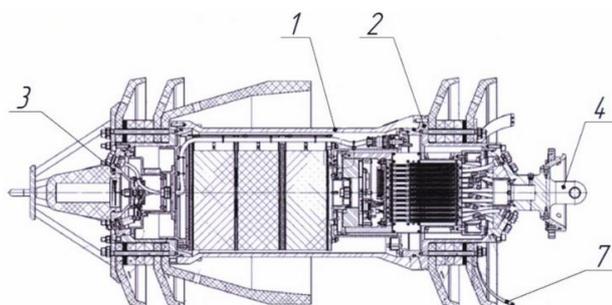
Кроме того, согласно изобретению в качестве флегматизатора может быть использован сжиженный азот.

Стоит также отметить, что в случае неисправности гидросистемы (отсутствие давления в гидроаккумуляторе) предусмотрен ручной способ использования гидрозадвижки – штурвал с нажимным винтом.

### **3.3 Утверждение предложений по улучшению взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ»**

Для защиты от взрывов внутритрубных пространств на установке ООО «Красноленинский НПЗ» было выбрано взрывозащищенное внутритрубное устройство.

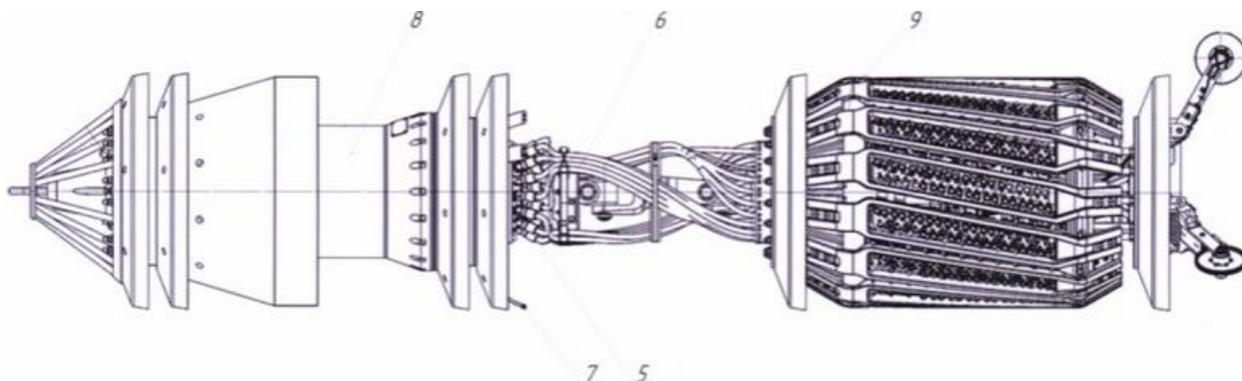
Предлагаемое техническое решение изображено на рисунке 14.



(1 – корпус, 2 – кассета батарейная, 3 – крышка передняя, 4 – блок электроники, 7 – пружина контактная)

Рисунок 14 – Взрывозащищенное внутритрубное устройство

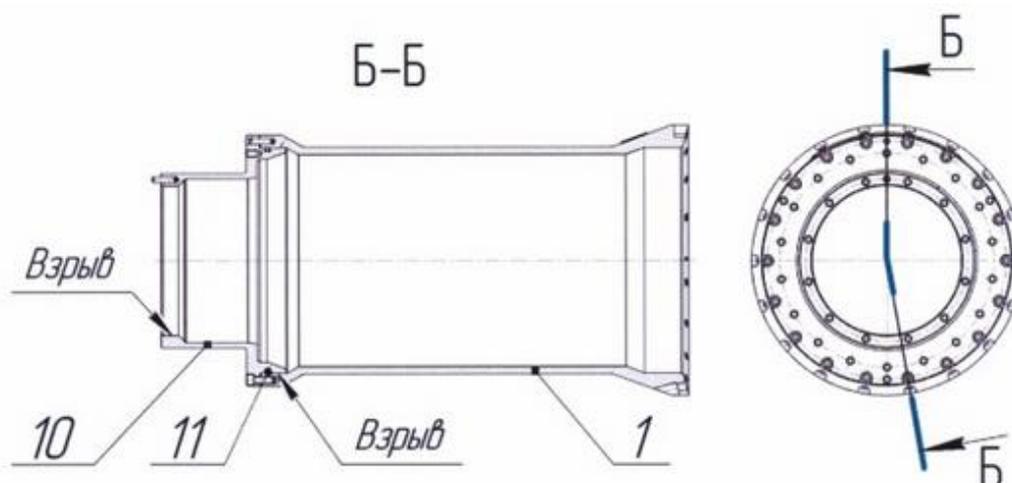
На рисунке 15 изображена секция внутритрубного устройства с взрывонепроницаемой герметичной оболочкой с подсоединенной ультразвуковой секцией.



(5 – внешние электрические разъемы, 6 – внешние электрические кабели, 7 – пружина контактная, 8 – секция внутритрубного устройства с взрывонепроницаемой герметичной оболочкой, 9 – ультразвуковая секция)

Рисунок 15 – Секция внутритрубного устройства с взрывонепроницаемой герметичной оболочкой с подсоединенной ультразвуковой секцией

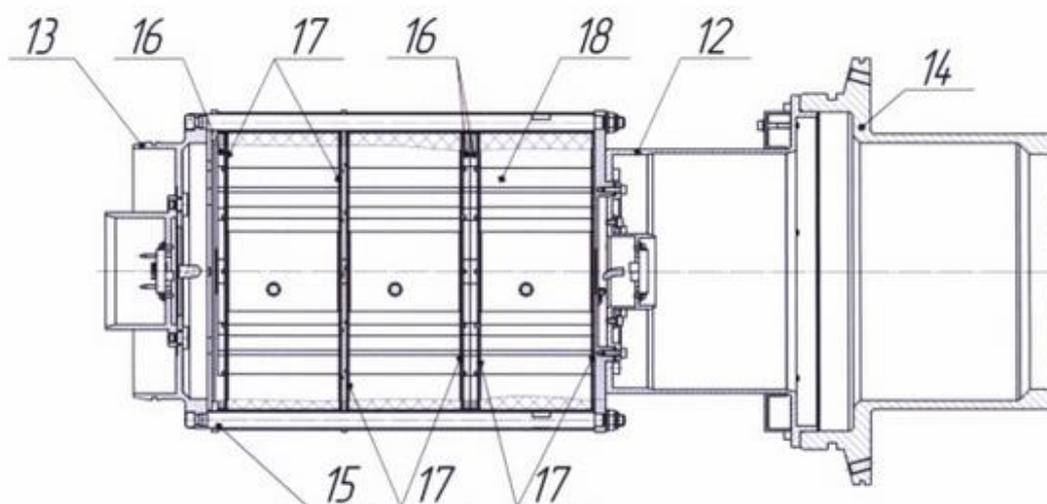
На рисунке 16 показан корпус взрывонепроницаемой герметичной оболочки.



(1 – корпус, 10 – опора, 11 – уплотнительное кольцо)

Рисунок 16 – Корпус взрывонепроницаемой герметичной оболочки

На рисунке 17 изображена кассета батарейная.

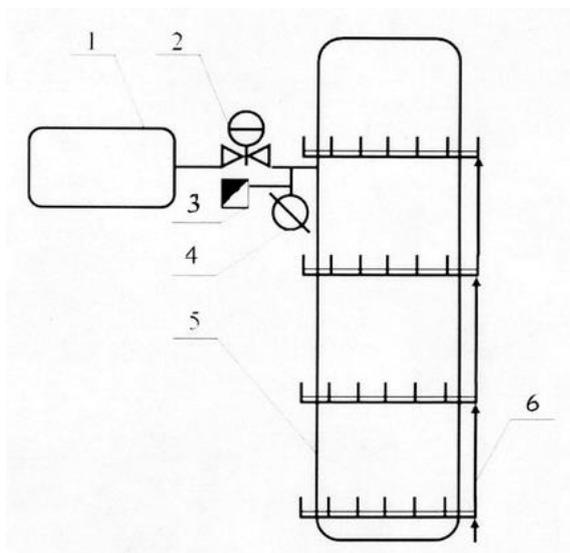


(12 – опора кассеты батарейной, 13 – фланец, 14 – опора базовая, 15 – стойка, 16 – прокладка батарейная, 17 – прокладка, 18 – батарея электропитания)

Рисунок 17 – Кассета батарейная

Для возможности улучшения обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ» с использованием ингибиторов и флегматизации было также выбрано использование установки автоматического предотвращения взрыва газовоздушной смеси.

Существо изобретения поясняется чертежом, на котором представлена схема автоматической установки предотвращения взрыва парогазовоздушной смеси подачей флегматизатора на рисунке 18.



(1 – емкость с флегматизатором, 2 – автоматическая гидрозадвижка, 3 – звуковая сигнализация, 4 – датчик давления, 5 – колонна, 6 – парогазовоздушная смесь).

Рисунок 18 – «Схема автоматической установки предотвращения взрыва парогазовоздушной смеси подачей флегматизатора» [15]

Установка автоматического предотвращения взрыва газовой смеси работает следующим образом: при падении давления внутри колонны, соединенный с ней датчик давления передает сигнал для срабатывания автоматической гидрозадвижки, срабатывает звуковая сигнализация, осуществляется подача флегматизатора (например, сжиженного азота, аммиака, оксида углерода) из емкости внутрь колонны. Далее через линию подачи пара подается пар в окружающий ее объем, что приводит к локализации газовой смеси вблизи колонны и снижению концентрации горючего газа в облаке, вследствие чего происходит утечка слабо концентрированного горючего газа, неспособного к взрыву.

Заявляемое изобретение позволяет предотвращать взрыв, локализуя газовой смесь вблизи колонны и снижая концентрацию горючего газа, содержащегося в облаке.

Таким образом, предложенное изобретение уменьшает вероятность возникновения взрыва в случаях аварий на нефтеперерабатывающих предприятиях за счет локализации газовой смеси вблизи колонны,

предотвращая эффект домино, и снижения концентрации парогазовоздушной смеси. В результате использования данной установки повышается безопасность колонн, емкостей со сжиженными газами.

#### Выводы по третьему разделу

В третьей главе исследования проведен анализ возможных технических решений для обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ». Рассмотрены такие технические устройства как шиберная задвижка, выпускной поплавокый клапан, HRD барьер, обратный клапан B-FLAP, а также охарактеризован их принцип действия.

Далее был проведен патентно-информационный поиск решений обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ». Рассмотрен «способ предотвращения взрыва газовой смеси, способ для предотвращения взрывов газа в выработанном пространстве, устройство для задержания огня и свободного прохождения газов, установка автоматического предотвращения взрыва газовой смеси» [15].

По окончании патентного анализа изучена эффективность предложений по улучшению взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ». Для защиты от взрывов внутритрубных пространств на установке ООО «Красноленинский НПЗ» было выбрано взрывозащищенное внутритрубное устройство. Для возможности улучшения обеспечения взрывобезопасности в ООО «Красноленинский НПЗ» с использованием ингибиторов и флегматизации было также выбрано использование установки автоматического предотвращения взрыва газовой смеси.

## Заключение

Взрывобезопасность производственных процессов должна быть обеспечена взрывопреупреждением, взрывозащитой, активной системой взрывоподавления.

Уже несколько лет в российской нефтеперерабатывающей отрасли идет масштабная модернизация производства – согласно четырехстороннему соглашению между Федеральной антимонопольной службой (ФАС), Росстандартом, Ростехнадзором и нефтяными компаниями.

1. Тепловая флегматизация. «Процесс снижения чувствительности взрывчатых смесей запускают различные добавки, которые понижают температуру горения. Тепловые флегматизаторы разделяют на две группы: инертные компоненты (вода, углекислый газ, азот) и иные горючие вещества, флегматизирующие горение сложных смесей» [20].

«Инертные добавки воспринимают часть теплового эффекта, химического превращения при этом не происходит. Добавки органических флегматизаторов не только понижают температуру горения, но при высоких температурах повышают теплоемкость за счет эндотермических превращений. Именно поэтому такие добавки флегматизируют горение в более малых дозах, чем добавки инертные» [20].

Иногда активным флегматизатором становится собственно избыточное горючее.

2. Химическая флегматизация. «Применение ингибиторов оказывает наиболее сильное гасящее действие, при этом еще больше сужается предел распространения пламени. Механизм флегматизации заключается в обрыве цепи реакции процесса окисления. Ингибиторы взаимодействуют с активными центрами реакции вместо окисляющихся компонентов. Так добавка ингибитора снижает концентрацию активных центров. К примеру, галоиды реагируют с атомарным водородом (чаще всего участвует в цепном процессе окисления)» [20].

«Химически активные флегматизаторы (ингибиторы) используются в предохранительных устройствах. В случае аварии ингибиторы вводят во взрывоопасную среду либо в зону горения, и среда быстро превращается в негорючую. Так, атом водорода замещается на атомы галогенов при использовании пламегасящих средств на основе галоидов и галопроизводных» [20].

Объект исследования в настоящей работе – установка атмосферой перегонки нефти V – 6000, которая предназначена для переработки нефти АО «РН-Няганьнефтегаз».

Угрозой разного рода происшествий и аварий на предприятиях нефтеперерабатывающего сектора зачастую является высокая концентрация взрывоопасных газов. Поэтому риск взрыва на таких опасных производственных объектах исключать нельзя, так как все оборудование на установках этих промышленных предприятий связано единым процессом.

Основной целью разработки проекта технического решения является обеспечение технологической установки по переработке нефти безопасной и эффективной эксплуатации путем применения современных технологий, материалов, оборудования. Для защиты от взрывов внутритрубных пространств на установке ООО «Красноленинский НПЗ» был осуществлен патентно-информационный поиск возможных технических решений. Для защиты от взрывов внутритрубных пространств на установке ООО «Красноленинский НПЗ» было выбрано взрывозащищенное внутритрубное устройство, а также использование установки автоматического предотвращения взрыва газозвушной смеси. Предложенное изобретение уменьшает вероятность возникновения взрыва в случаях аварий на нефтеперерабатывающих предприятиях за счет локализации газозвушного облака вблизи колонны, предотвращая эффект домино, и снижения концентрации парогазозвушной смеси. В результате использования данной установки повышается безопасность колонн, емкостей со сжиженными газами.

## Список используемой литературы и используемых источников

1. Багян А.Г. Промышленная безопасность нефтеперерабатывающих предприятий // Актуальные проблемы безопасности жизнедеятельности и экологии. 2017. № 4. С. 4–7.
2. Балдина И.В., Сарилов М.Ю., Коннова Г.В. Коррозия и методы борьбы с коррозией оборудования нефтепереработки // Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет. 2018. №4. С.14–17.
3. Бичевин В.В., Сосновская Н.Г. Защита от коррозии технологического оборудования нефтеперерабатывающего предприятия // Ангарский государственный технический университет. 2020. №7. С.23–24.
4. Борин П.А., Задорожный М.Г., Цветков А.Л., Долматов В.Л. // Новые источники коррозии оборудования установок первичной переработки нефти. 2020. №2. С.25–29.
5. Единая система защиты от коррозии и старения. Методы коррозионных испытаний. Общие требования [Электронный ресурс]: ГОСТ Р 9.905–2007 от 01.01.2009. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200054051> (дата обращения: 14.10.2020).
6. Единая система защиты от коррозии и старения. Ингибиторы коррозии металлов для водных систем. Методы коррозионных испытаний [Электронный ресурс]: ГОСТ 9.502–82 от 01.01.1984. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200014788> (дата обращения: 15.10.2020).
7. Зарубина Л.П. Защита зданий, сооружений, конструкций и оборудования от коррозии. Биологическая защита. Материалы, технологии, инструменты и оборудование. Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. 224 с.
8. Каменев А.О. Исследование методов, обеспечивающих снижение пожарной опасности, и разработка мер противопожарной защиты нефтеперерабатывающего оборудования // Молодой ученый. 2020. № 22. С. 113–114.

9. Костоглотов А.И. Теория горения и взрыва: учебное пособие. Ростов н/Д: Изд-во ДГТУ, 2016. 88 с.

10. О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 29.07.2018). URL: <http://docs.cntd.ru/document/9046058> (дата обращения: 15.10.2020).

11. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств [Электронный ресурс]: Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности от 11.03.2013 №96 (ред. от 26.11.2015). URL: <http://docs.cntd.ru/document/499013213> (дата обращения: 20.10.2020).

12. Пат. 2692875. Взрывозащищенное внутритрубное устройство / С.В. Эрмиш, Д.Ю. Глинкин, О.Г. Чернышов, В.А. Поляков; заявитель и правообладатель ПАО «Транснефть»; №2018138025; заявл. 29.10.2018; опубл. 28.06.2019. Бюлл. №19. 7 с.

13. Пат. 2301940. Способ защиты от взрыва внутри трубопровода / А.М. Попович, М.Д. Косткин, С.Е. Лисин; заявитель и правообладатель А.М. Попович, М.Д. Косткин, С.Е. Лисин; № 2005134505; заявл. 26.10.2005; опубл. 27.06.2006. Бюлл. №8. 9 с.

14. Пат. 35864. Устройство для взрывобезопасного контроля трубопроводов / В.Г. Кононов, С.А. Соломин; заявитель и правообладатель ПАО «Транснефть»; № 2003125735; заявл. 20.08.2003; опубл. 10.02.2004. Бюлл. №3. 11 с.

15. Пат. 2702788. Установка автоматического предотвращения взрыва газовоздушной смеси / А.Н. Елизарьев, С.Г. Аксенов, Р.Г. Ахтямов; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет»; №2018147767; заявл. 29.12.2018; опубл. 11.10.2019. Бюлл. №29. 12 с.

16. Пат. SU1245714A1. Способ предотвращения взрыва газовоздушной смеси / А.С. Голик, Г.П. Баринов, Д.Ю. Палеев, Ю.В. Чуриков; заявитель и

правообладатель ВНИИПИ Государственного комитета СССР; №1245714; заявл. 25.11.1977; опублик. 23.07.1986. Бюлл. №23. 14 с.

17. Пат. 2100612. Способ для предотвращения взрывов газа в выработанном пространстве / Ю.В. Шувалов, И.А. Павлов, А.П. Веселов, А.В. Христенко; заявитель и правообладатель Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова; №95121874; заявл. 26.12.1995; опублик. 27.12.1997. Бюлл. №13. 9 с.

18. Пат. 2552901. Устройство для задержания огня и свободного прохождения газов / В.И. Забегаев; заявитель и правообладатель ФГБУ «Всероссийский ордена «Знак Почета» НИИ противопожарной обороны Министерства РФ по делам ГО и ЧС; № 2014111302; заявл. 26.03.2014; опублик. 10.06.2015. Бюлл. №9. 12 с.

19. Садовский М.А. Механическое действие взрыва. М.: ИДГРАН, 2018. – 187 с.

20. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии: учебное пособие / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 416 с.

21. Соловьев В.С. Некоторые особенности инициирования взрывчатых веществ // Физика горения и взрыва. 2017. №6. С. 65–69.

22. Скрипников Д.Ю. Методы обеспечения безопасности на нефтеперерабатывающих производствах с помощью защиты оборудования от коррозии // Точная наука. № 83. 2020. С.2–4.

23. Ткачук А.Н. Проблемы ремонта взрывозащищенного электрооборудования // Взрывозащищенное электрооборудование. – Донецк: АИР, 2009. С.19–30

24. Трушкова Е.А. Оценка пожарной безопасности и защиты технологического оборудования. Ростов н/Д: Изд-во ДГТУ, 2019. 83 с.

25. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <https://rosstat.gov.ru/> (дата обращения: 18.10.2020).

26. Berg E. ATEX – the new European standard explosion protected equipment // Explosion-proof equipment standards. 2017. №10. P. 34–37.

27. Bossert J. Hurst R. Hazardous Locations: A Guide for the Design, Construction and Installation of Electrical Equipment // Toronto: Canadian Standards Association. 2020. №9. P.12–16.

28. Explosionproof Equipment. National Electrical Code // National Fire Protection Association. 2020. №1. P. 54–62.

29. Lofland K. Hazardous (Classified) Locations – NEC Articles 500 through 517 // IAEI Magazine, International Association of Electrical Inspectors. 2017. №7. P. 24–29.

30. Why Explosion Proof Enclosures Are Critical for Your Business // D&F Liquidators. 2019. №4. P.14–19.

## Приложение А

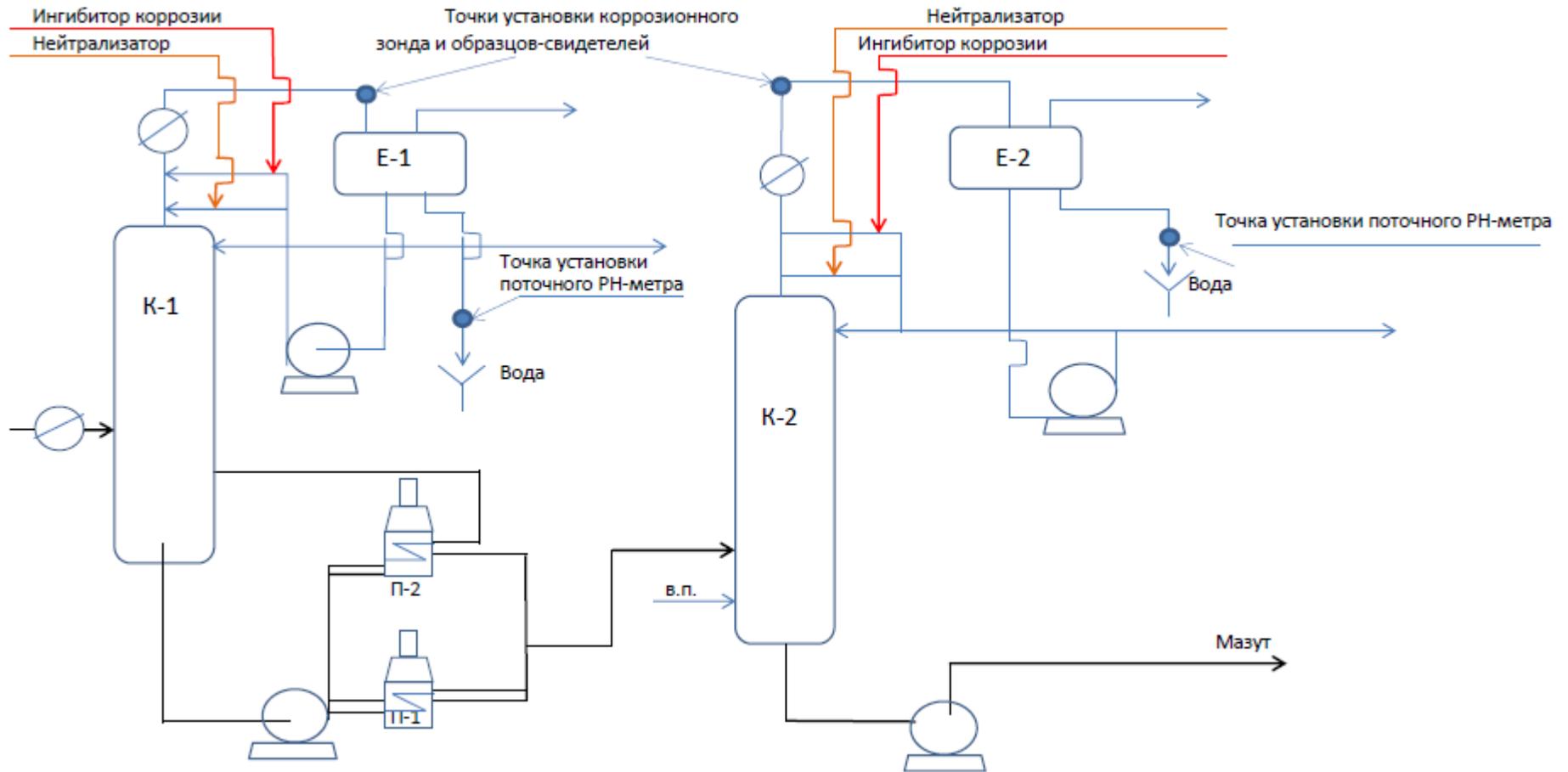


Рисунок А.1 – Принципиальная схема организации подачи ингибитора и нейтрализатора в шлемовые линии колонн