

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело
Отделение школы нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы				
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УЛАВЛИВАНИЯ ТВЕРДЫХ ЧАСТИЦ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ АППАРАТАХ ПРИ ПОДГОТОВКЕ ГАЗА НА М ГАЗОКОНДЕНСАНТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ (ТОМСКАЯ ОБЛАСТЬ)				

УДК 622.279.8-137(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4П	Городилов Дмитрий Андреевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Чеканцева Лилия Васильевна			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Глызина Татьяна Святославовна	к.х.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина Анна Николаевна	к.х.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Максимова Юлия Анатольевна			

Томск – 2018

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 21.03.01 Нефтегазовое дело
Отделение школы нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП

(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4П	Городилову Дмитрию Андреевичу

Тема работы:

Исследование процессов улавливания твердых частиц в центробежных аппаратах при подготовке газа на М газоконденсатном месторождении (Томская область)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	1751/с от 14.03.2018

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2018
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Технологическая схема подготовки газа на М месторождении, фондовая и научная литература, технологические регламенты, нормативные документы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Основные теоретические положения очистки газа от механических примесей на промысле: источники механических примесей и их негативное влияние на процессы подготовки и транспорта газа. 2. Подробное описание существующих систем подготовки газа: аппараты «сухого» и «мокрого» отделения примесей, а также различные их комбинации с фильтрующими элементами. 3. Технологическая схема подготовки газа на М месторождении: описание установки комплексной подготовки газа и характеристика параметров сепарации. 4. Экспериментальное исследование центробежной

	сепарации газа: проведение эксперимента в лабораторных условиях, обработка и анализ полученных данных.
--	--

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы:

Раздел	Консультант
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Доцент, к.х.н. Глызина Татьяна Святославовна
«Социальная ответственность»	Доцент, к.х.н. Вторушина Анна Николаевна

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Основные теоретические положения очистки газа от механических примесей на промысле
Технологическая схема подготовки газа на М месторождении
Экспериментальное исследование центробежной сепарации газа
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
Социальная ответственность

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Чеканцева Лилия Васильевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4П	Городилов Дмитрий Андреевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4П	Городилову Дмитрию Андреевичу

Школа	ИШПР	Отделение	Нефтегазовое дело
Уровень образования	Бакалавр	Направление специальность	«Нефтегазовое дело» 21.03.01

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов.
2. Стоимость ресурсов для проведения мероприятия	Определение стоимости ресурсов на внедрение модульной циклонной вставки в систему подготовки газа.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Нормы расхода амортизационных отчислений, страховые взносы, районный коэффициент (согласно Налоговому кодексу РФ).

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Расчет сметной стоимости внедрения модульной циклонной вставки в систему подготовки газа.	Расчет стоимости покупки оборудования, его монтажа и годового обслуживания.
2. Расчет экономического дохода при использовании модульной циклонной вставки	Расчет экономического эффекта использования модульной циклонной вставки на М месторождении.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Глызина Т.С.	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4П	Городилов Дмитрий Андреевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Б4П	Городилову Дмитрию Андреевичу

Школа	ИШПР	Отделение	Нефтегазового дело
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	«Нефтегазовое дело» 21.03.01

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования и области его применения	Объект исследования - установка комплексной подготовки газа (УКПГ) М месторождения.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.	Рассмотрение источников опасных и вредных факторов: • работы во взрыво- и пожароопасных помещениях; • обслуживание оборудования, находящегося под высоким давлением; • обслуживание установок в различных метеорологических условиях. Выяснение мер по обеспечению безопасности работы персонала.
2. Экологическая безопасность:	Оценка и анализ воздействия установки комплексной подготовки газа на состояние атмосферы, гидросферы и литосферы. Комплекс мер по охране окружающей среды.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Оценка возможных чрезвычайных ситуаций. Описание наиболее вероятной ЧС – пожара, его источников, действий при пожаре, мероприятий по устранению ЧС и комплекса мер по обеспечению

	пожарной безопасности.
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Характерные для проектируемой рабочей зоны правовые нормы трудового законодательства;

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Вторушина Анна Николаевна	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б4П	Городилов Дмитрий Андреевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 86 страниц, 13 рисунков, 14 таблиц, 26 источников.

Ключевые слова: природный газ, подготовка газа, сепарация, механические примеси, циклон, центробежная очистка, месторождение, твердые частицы.

Объектом исследования является центробежный метод улавливания твердых частиц при подготовке газа.

Целью данной выпускной квалификационной работы является исследование модели улавливания механических примесей в центробежных аппаратах и поиск способа увеличения эффективности очистки газа на М месторождении.

В процессе работы проводился литературный обзор вариантов очистки сырого газа от механических примесей, затем была исследована модель улавливания твердых частиц на экспериментальной установке, а также рассмотрена схема подготовки газа на М месторождении.

Область применения: газовые месторождения с большим содержанием механических примесей в добываемой продукции.

Экономическая эффективность работы заключается в обосновании рентабельности ввода в работу дополнительного аппарата улавливания твердых частиц в газе – модульной циклонной вставки.

Кроме этого, были рассмотрены экологическая составляющая работы оператора технологических установок и вопросы, связанные с охраной труда работника.

Обозначения и сокращения

БДИ – блок дозирования ингибитора;

БКС – блочная компрессорная станция;

ВГ – выветриватель газа;

ВНА – входной направляющий аппарат;

ГДЭС – газодизельная электростанция;

ГНП – газонаполнительный пункт;

ГПА – газоперекачивающий агрегат;

ДИКТ - диафрагменный измеритель критического течения;

ДКС – дожимная компрессорная станция;

ДР – дроссель регулируемый;

ЕП – емкость подземная дренажная;

ЗАО – закрытое акционерное общество;

ИЛ – измерительная линия;

ИТ – измерительный трубопровод;

К – колонна отдувки метанола;

КГС – пробкоуловитель к месторождения;

КИПиА – контрольно-измерительная аппаратура и автоматика;

КМХ – контроль метрологических характеристик;

КНГКМ – к нефтегазоконденсатное месторождение;

МГКМ – м газоконденсатное месторождение;

МПП – модуль подготовки газа;

МЭФ – метан-этановая фракция;

НКТ – насосно-компрессорные трубы;

ОК – обратный клапан;

РЖ – разделитель жидкости;

С – сепаратор;

СВГС – с газосепаратор;

СВГKM – с газоконденсатное месторождение;

СПБТ – смесь пропан-бутан техническая;

СРПИ – система регулируемой подачи ингибитора;

СЭБ – служебно-эксплуатационный блок;

Т – рекуперативный теплообменник «газ – газ»;

ТДКА – турбодетандер компрессорный агрегат;

ТР – рекуперативный теплообменник «конденсат – конденсат»;

ТЭК - топливно – энергетический комплекс;

УВМ – узел ввода метанола;

УВШ – узел входа шлейфов;

УДСК – установка деэтанзации и стабилизации конденсата;

УЗПР- ультразвуковой преобразователь расхода газа;

УКПГ – установка комплексной подготовки газа;

УКУГ – узел коммерческого учета газа;

ФВД – факел высокого давления;

ФС – фильтр сетчатый;

ФНД – факел низкого давления;

ШФЛУ – широкая фракция лёгких углеводородов;

ЭKM – электроконтактный манометр;

ЭКП – электроприводной кран;

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	12
1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ	14
1.1 Метод «сухого» отделения пыли из газа	15
1.1.1 Гравитационные сепараторы	15
1.1.2 Сепараторы инерционного отделения	17
1.1.3 Очистка газа фильтр-сепараторами	22
1.2 Метод «мокрого» улавливание частиц пыли	24
2. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПОДГОТОВКИ ГАЗА М МЕСТОРОЖДЕНИЯ	28
3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ОЧИСТКИ ГАЗА.....	29
3.2 Описание экспериментальной установки.....	29
3.3 Механизм улавливания механических примесей на экспериментальной установке. 31	
3.4 Основные требования к физической модели установки улавливания механических примесей.....	31
3.5 Порядок проведения эксперимента.....	32
3.6 Пример расчета	36
3.7 Сбор и обработка полученных экспериментальных данных.....	38
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	42
4.1 Основные фонды.....	42
4.2 Затраты на монтаж модульной циклонной вставки	44
4.3 Общие данные оборудования модульной циклонной вставки.....	44
4.4 Амортизационные отчисления для оборудования модульной циклонной вставки в расчете для каждой единицы в руб./маш.-час.	45
4.5 Нормативный показатель затрат на все виды ремонта для каждого оборудования модульной циклонной вставки.....	47
4.6 Нормативный показатель затрат на замену быстроизнашивающихся частей.....	49
4.7 Нормативные затраты на энергоносители.....	52
4.8 Стоимость эксплуатации машины в год.....	53
4.9 Оценка экономического дохода при использовании модульной циклонной вставки	55
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	56
5.1 Производственная безопасность	56

5.1.1	Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	57
5.1.2	Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению.....	60
5.2	Экологическая безопасность	62
5.3	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	63
5.4	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	67
ЗАКЛЮЧЕНИЕ		68
Список используемых источников		69

ВВЕДЕНИЕ

Нефтегазовая промышленность является одной из важнейших отраслей экономики России, которая формирует ее бюджет. На территории нашей страны сосредоточено более 32 триллионов кубометров природного газа. Свыше 90% запасов природного газа добывается в Западной Сибири.

Ключевой задачей перед тем, как транспортировать добытый газ к потребителю является процесс его подготовки. Добываемый на месторождении пластовый газ содержит в своем составе различные количества воды, углеводородного конденсата, активных и инертных примесей. Поэтому продукцию скважин подвергают обработке, в частности, на установках комплексной подготовки газа (УКПГ). Совместно с УКПГ, как правило, используются установки деэтанзации и стабилизации конденсата (УДСК). В результате получают три товарных продукта: осушенный газ, стабильный конденсат и пропан-бутановую фракцию (ПБФ).

Независимо от используемой на промысле технологии, соблюдение норм и улучшение качества транспортируемых продуктов, а также экономическая целесообразность требуют как можно более высокой четкости разделения пластовой смеси углеводородов на целевые продукты и подготовки их к транспортировке.

Природный газ содержит огромное количество частиц пыли и механических примесей, которые повышают нагрузку по производительности на входные сепараторы газовых промыслов, что снижает их эффективность по очистке сырого газа и оказывает негативное воздействие на всю систему подготовки газа к транспорту. Такое воздействие связано с отложениями мехпримесей и солей на внутренних поверхностях и деталях технологического оборудования, сокращением его межревизионных периодов, увеличением трудовых и материальных затрат на очистку.

Газодобывающие компании в таких условиях вынуждены осуществлять модернизацию или реконструкцию существующего технологического

оборудования в целях соблюдения требований к качеству товарного газа, установленных СТО Газпром 089-2010. Как правило, в соответствующих технических заданиях определяются требования по целому комплексу показателей работы оборудования.

Целью данной работы является исследование процесса улавливания твердых частиц в центробежных аппаратах.

Задачи:

- Проанализировать эффективность центробежной очистки газа на лабораторном стенде;
- Ознакомиться с системой подготовки газа на М газоконденсатном месторождении;
- Определить эффективность внедрения в систему подготовки газа модульной циклонной вставки и рассчитать ее экономическую целесообразность.

1. ОСНОВНЫЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА ОТ МЕХАНИЧЕСКИХ ПРИМЕСЕЙ

Продукция скважин на нефтяных, газовых или газоконденсатных месторождениях представляет собой многофазную многокомпонентную смесь. Природный газ, газовый конденсат и нефть, поступающие из скважин, содержат большое количество различных примесей, которые препятствуют их дальнейшей транспортировке и переработке. Содержание пыли и механических примесей в газе способствует истиранию металла, вызывает его износ, приводит к выходу из строя уплотнительных колец, клапанов и гильз цилиндров поршневых компрессоров, снижает их коэффициент полезного действия. Механические частицы также отлагаются на поверхности труб и резко снижают коэффициент теплопередачи [1].

Источники механических примесей в газе – это остатки строительного мусора, продукты коррозии внутренних поверхностей труб, арматуры и аппаратов; грунт, попавший в газопроводы при проведении ремонтных работ; частицы керна и т.д. [2].

Наиболее крупные частицы примесей содержатся в газопроводах в начальных периодах эксплуатации, когда газовым потоком из скважины выносятся остатки строительного мусора. Через один-два года эксплуатации размер твердых частиц уменьшается.

Для обеспечения нормальной работы оборудования газ необходимо очистить от механических примесей. Этот процесс осуществляется с применением специальных пылеуловителей и в комбинации при разделении газожидкостных потоков в обычных сепараторах.

По принципу работы аппараты для очистки от механических примесей подразделяются на следующие виды:

- работающие по принципу «сухого» отделения пыли. В таких аппаратах отделение пыли происходит в основном с использованием сил

гравитации и инерции. К ним относятся циклонные пылеуловители, гравитационные сепараторы, различные фильтры (керамические, тканевые, металлокерамические и др.)

- работающие по принципу «мокрого» улавливания пыли. В этом случае удаляемая из газа взвесь смачивается промывочной жидкостью, которая отделяется от газового потока, выводится из аппарата для регенерации и очистки и затем возвращается в аппарат. К ним относятся вертикальные и горизонтальные масляные пылеуловители и др.

- использующие принцип электроосаждения. Данные аппараты почти не применяют для очистки природного газа по причине их высокой стоимости [2].

Выбор типа пылеуловителя зависит от размера частиц и требуемой степени очистки. Частицы размером от 100 до 500 мкм улавливаются в осадительных расширительных камерах, дрипах и циклонах. Объемные сепараторы отделяют только крупнодисперсную пыль размерами 50-100 мкм.

Для улавливания частиц от 1 до 100 мкм используют циклоны, мокрые пылеуловители, керамические и металлокерамические фильтры [2].

1.1 Метод «сухого» отделения пыли из газа

1.1.1 Гравитационные сепараторы

Гравитационные сепараторы «сухого» отделения пыли по конструкции бывают вертикального и горизонтального типа. Принцип работы таких сепараторов-пылеотделителей аналогичен принципу работы сепараторов по обезвоживанию нефти. В сепараторах гравитационного типа (рисунок 1) применяется принцип резкого снижения скорости потока (до 20 м/с), за счет большой разницы сечений подводящего газопровода и корпуса сепаратора, в результате чего твердые частицы под действием разницы сил тяжести оседают в нижней части сепаратора. В конструкциях этих сепараторов применяются

также устройства для изменения направления потока газа в корпусе сепаратора, что приводит к образованию центробежных сил, усиливающих процесс отделения пыли из газа.

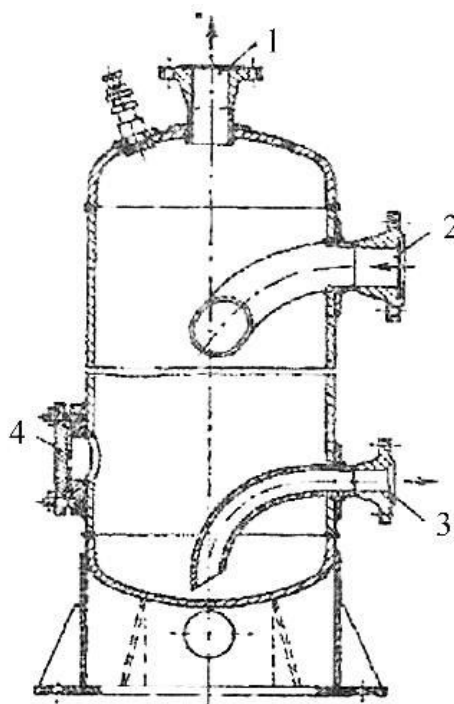


Рисунок 1 – Гравитационный сепаратор:

1 – патрубок выхода очищенного газа; 2 – патрубок ввода неочищенного газа;

3 – патрубок для продувки сепаратора; 4 – люк для осмотра и ручной очистки аппарата.

Вертикальные сепараторы изготавливаются диаметров 400 – 1650 мм, горизонтальные – диаметром 400 – 1500 мм. Обычно максимальное рабочее давление газа 16 МПа. Наибольшая эффективность сепарации достигает 70-80% при скорости потока газа в сепараторе не выше 0,1 м/с и при давлении 6 МПа.

Сепараторы вертикального типа просты по конструкции, рекомендуется их применять для сепарации газов, содержащих твердые частицы и тяжелые смолистые фракции, так как они имеют лучшие условия очистки и дренажа. Но по причине большой металлоемкости и недостаточной эффективности сепараторы вертикального типа не нашли широкого применения [3].

1.1.2 Сепараторы инерционного отделения

Сепараторы циклонного типа, схема которого представлена на рисунке 2, вследствие дешевизны и простоты устройства и эксплуатации, относительно небольшого сопротивления и высокой производительности являются наиболее распространенным типом механического пылеуловителя. Циклонные пылеуловители имеют следующие преимущества перед другими аппаратами: отсутствие движущихся частей; надежная работа при температуре до 500 °С без конструктивных изменений; пыль улавливается в сухом виде; возможность улавливания абразивных пылей, для чего активные поверхности циклонов покрываются специальными материалами; возможность работы циклонов при высоких давлениях; стабильная величина гидравлического сопротивления; простота изготовления и возможность ремонта; повышение концентрации пыли не приводит к снижению фракционной эффективности аппарата. К недостаткам можно отнести высокое гидравлическое сопротивление, достигающее 1250-1500 Па, и низкую эффективность при улавливании частиц размером <5 мкм. Сепараторы циклонного типа имеют корпус циклона и патрубок для выхода газа, которые образуют внутреннее кольцевое пространство. В нижней части имеется отверстие для отвода осадка из циклона. Вращательное движение газа в кольцевом пространстве и конусе циклона создается за счет тангенциального ввода газа в сепаратор. Вследствие вращательного движения газа создаются центробежные силы, под действием которых из потока газа отбрасываются к стенкам корпуса циклона механические взвеси (твердые и жидкие), и затем под действием гравитационных сил эти частицы опускаются в сборный бункер. Газ с уменьшенной скоростью выходит через выходной патрубок [3].

Хотя первые циклоны появились в промышленности более 100 лет назад, работы по улучшению их конструкции и повышению эффективности продолжаются.

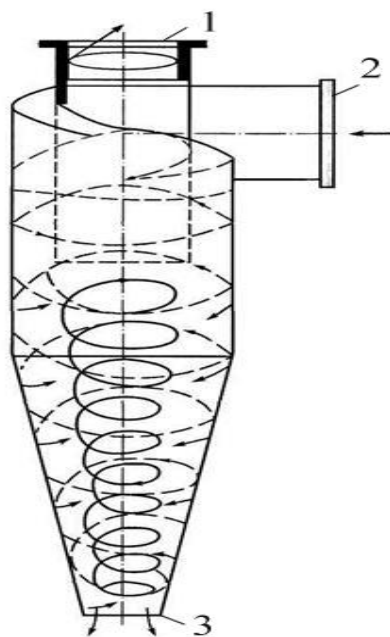


Рисунок 2 – Сепаратор циклонного типа:

1 – патрубок выхода очищенного газа; 2 – патрубок ввода неочищенного газа; 3 – патрубок для удаления механических примесей из аппарата.

Циклоны относятся к высокопроизводительным аппаратам, а конические - к высокоэффективным. Диаметр цилиндрических циклонов обычно не превышает 2000, а конических 3000 мм. С увеличением диаметра циклона при постоянной тангенциальной скорости потока центробежная сила, действующая на пылевые частицы, уменьшается и эффективность пылеулавливания снижается. Кроме этого, установка одного высокопроизводительного циклона вызывает затруднения из-за его большой высоты.

На практике широкое применение получили батарейные сепараторы циклонного типа (рисунок 3). Батарейный циклонный пылеуловитель представляет собой сосуд цилиндрической формы с встроенными в него несколькими циклонами.

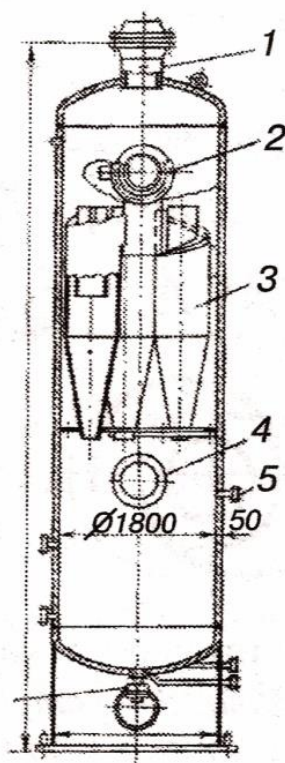


Рисунок 3 – Батарейный пылеуловитель циклонного типа:

*1 – выходной патрубок для газа; 2 – входной патрубок; 3 – циклоны; 4 – люк;
5 – штуцеры контролирующих приборов.*

Конические циклоны при равных производительностях с цилиндрическими отличаются от последних большими габаритами и поэтому обычно не применяются в групповом исполнении. Для подвода газа к отдельным циклонам при установке их в группу рекомендуется применять коллекторы. Обходные патрубки циклонов присоединяют к коллектору посредством фланцев. Коллектор выполняется из одного или нескольких патрубков, которые с одной стороны подсоединяются к циклонам, а с другой - заканчиваются общей камерой.

В группах циклоны компонуются в два ряда или имеют круговую компоновку в соответствии с рекомендациями. Для увеличения срока службы циклонов, подвергающихся абразивному износу, в местах наибольшего износа (в нижней части корпуса, во входной части улитки) рекомендуется приваривать дополнительные листы с наружной стороны стенок аппаратов. Циклоны

диаметром менее 0,8 м из-за повышенного абразивного износа нельзя применять для улавливания абразивной пыли.

Группы чаще всего составляют из циклонов основной серии ЦН (типа ЦН-24, ЦН-15У, ЦН-15, ЦН-11). Как правило, группы циклонов имеют общий коллектор грязного газа, общий сборник очищенного газа в общий пылевой бункер. Пылевые бункера циклонных групп могут иметь либо круглую, либо прямоугольную форму. Для групп из двух и четырех циклонов применяют обе формы бункеров, а для групп из шести и восьми циклонов - только прямоугольные. Необходимые объемы пылевых бункеров определяются их назначением. Объем бункера, оборудованного устройствами для непрерывной выгрузки пыли, может быть выбран меньшим, чем объем бункера, предназначенного для накопления и периодической выгрузки пыли. Минимальное расстояние от оси циклона до стенки бункера должно быть не менее $0,4D$ где D – диаметр циклона. Высота прямоугольной (или цилиндрической) части бункера должна быть не менее 0,5. Угол наклона стенок бункера к горизонту принимается не менее 60° . Конусы циклонов опускаются в бункер на глубину, равную 0,8 диаметра отверстия в них. Для уменьшения общей высоты бункера при непрерывной выгрузке пыли допускается устанавливать в одной группе циклонов несколько бункеров.

Широко применяются сепараторы типа «розетка» и «улитка» (рисунок 4). Газ поступает через боковой верхний входной патрубок в распределитель, к которому привариваются входные патрубки циклонов, расположенных звездообразно. Циклоны крепятся неподвижно на нижней решетке. Жидкость и твердые частицы, прошедшие сепарацию по дренажному конусу циклона, попадают в грязевик. Собранный шлам удаляется через дренажный штуцер. Качество очистки повышается с уменьшением диаметра циклона и увеличением скорости закрутки потока. Пропускная способность батарейных циклонов обычно рассчитывается, исходя из допустимых скоростей газа, обеспечивающих достаточно полное удаление твердой взвеси из газового потока. При этом следует учитывать, что при большом расходе и особенно

когда в газовом потоке имеется твердая взвесь, наблюдается чрезмерный эрозионный износ металлических узлов и корпуса аппарата и повышенный перепад давления газа. Эффективность очистки газа батарейными циклонами колеблется в пределах 85-98% и уменьшается с увеличением его пропускной способности [3].

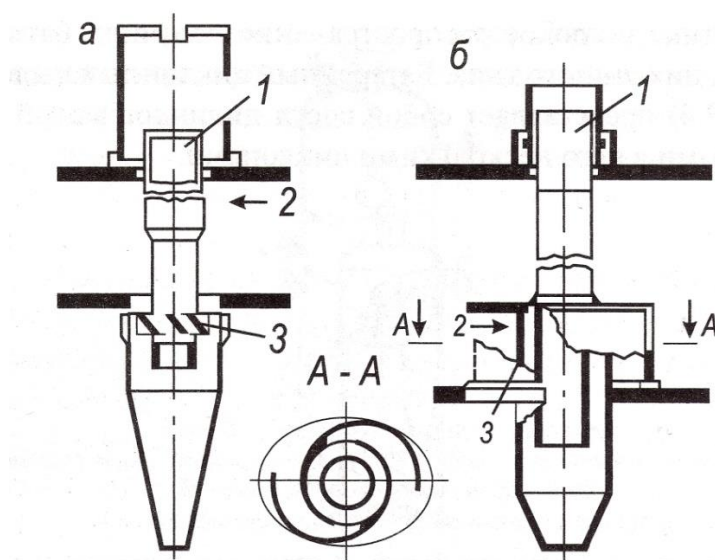


Рисунок 4 – Циклоны типов «розетка» (а) и «улитка» (б):

1 – выход газа; 2 – вход газа; 3 – устройство закрутки потока.

Расчет и выбор циклонов. Циклоны рассчитывают или выбирают различными методами. Наиболее целесообразным считается метод обобщения и использования показателей, получаемых при испытаниях циклонов в промышленных условиях или на полупромышленных стендах. При помощи этого метода по ряду циклонов различных типов были получены данные о фракционной степени улавливания для определенных значений скорости очищаемого газа и плотности пыли, о коэффициенте гидравлического сопротивления и др. Эти сведения с достаточной полнотой отражены в соответствующих нормалях и сопроводительной технической документации.

Для расчета или выбора циклонов необходимы следующие данные: объемный расход газов, подлежащих обеспыливанию при рабочих условиях, Q , м³/с; динамическая вязкость газов при рабочей температуре μ_r , Па*с; плотность

газа при рабочих условиях ρ_r , кг/м³; дисперсный состав пыли, задаваемый параметрами d_m , мкм; концентрация пыли в газах $c_{вх}$, г/м³; плотность частиц пыли $\rho_ч$, кг/м³; требуемая степень очистки η , % [2].

1.1.3 Очистка газа фильтр-сепараторами

В связи с невозможностью достичь высокой степени очистки газа в циклонных пылеуловителях появляется необходимость выполнять вторую ступень очистки, в качестве которой используют фильтр-сепараторы, устанавливаемые последовательно после циклонных пылеуловителей [3]. Эти аппараты представляют собой обычные сепараторы с осадочными элементами, которые способствуют укрупнению капель при прохождении через них продукции.

Одной из наиболее эффективных конструкций считаются аппараты фирмы «Пико», которые обеспечивают удаление из газа не менее 98% всех капель жидкости и твердых частиц размерами более 1 мкм. Общий коэффициент извлечения из газа примесей составляет не менее 99,9%.

Загрязненный газ обычно не поступает непосредственно на элементы фильтра, а проходит предварительно через стояк. Это исключает эрозию фильтрующих элементов. Одновременно стояк служит как распределитель потока и отделитель крупных частиц, которые собираются в жидкостном отстойнике первой ступени. После стояка газ проходит через фильтрующие элементы, где отделяются как твердые частицы, так и крупные капли жидкости, а мелкие капли жидкости соединяются в крупные. Газ с капельками жидкости поступает во вторую ступень фильтра и затем – во влагоотделитель, где крупные капли жидкости отделяются и жидкость отводится в отстойник второй ступени.

Газовые фильтры и фильтры-сепараторы фирмы «Пико» сконструированы с открытым концом, что обеспечивает безопасный подход к ним при их замене. Твердые и жидкие частицы размером более 15 мкм

собираются на внешней поверхности фильтрующего элемента (мелкие твердые частицы размером менее 1 мкм улавливаются в толще фильтруемой среды).

Фильтры-сепараторы изготавливаются как в вертикальном, так и в горизонтальном исполнении, с широким набором фильтрующих материалов [2].

Также ЗАО «Энергогазинжиниринг» провело теоретические исследования в области очистки газа, на основе которых разработало систему тонкой очистки газа под маркой СОиФ (система очистки и фильтрации).

В базовом варианте аппаратов очистки применены регенерируемые фторопластовые фильтрующие элементы с толщиной фильтрации 1, 3, 5, 10 и 20 мкм. Подача среды производится на наружную поверхность фильтрующего элемента, что обеспечивает увеличение эффективной площади фильтрации по отношению к системам с внутренней подачей среды. Цилиндрические фильтрующие элементы из материала фторопласт-4 обладают коалесцирующим эффектом, так как материал является гидрофобным, благодаря чему аэрозольные частицы воды задерживаются на внешней поверхности фильтрующего элемента, укрупняются и стекают в дренаж. При большом содержании капельной жидкости либо наличии большого количества механических примесей перед СОиФ должна быть предусмотрена предварительная очистка газа.

Функционирование СОиФ осуществляется следующим образом. Газ поступает внутрь корпуса фильтра, где поворачивается на 90° и начинает движение в сторону фильтрующего элемента. При повороте наиболее крупные включения газового потока падают на нижнюю образующую корпуса и увлекаются потоком в сторону первого дренажного патрубка. Далее газ начинает двигаться с достаточно высокой скоростью (до 20 м/с) в кольцевом зазоре между наружной поверхностью фильтрующего элемента и корпусом очистки. Часть газа под действием перепада давления на фильтрующем элементе проникает через него, основная часть механических примесей и капельная влага сдуваются потоком газа. Проникновению газа внутрь

препятствует гидрофобность материала фильтрующего элемента, влага собирается в капли и под одновременным действием силы тяжести и динамического напора от движения газа диагонально стекает на нижнюю образующую корпуса фильтрации. За счет проникновения части газа через фильтроэлемент к его середине скорость потока снижается до 5-10 м/с. К концу движения вдоль фильтрующего элемента скорость газа снижается до нулевой, оставшаяся капельная влага стекает в накопительный корпус через второй патрубок. Очищенный газ внутри фильтрующего элемента удаляется через выходной патрубок к потребителю.

Выпускаемая система очистки и фильтрации СОиФ обладает рядом преимуществ: низкие массогабаритные показатели; возможность размещения в отопляемом блок-боксе; отсутствие необходимости регистрации в органах Ростехнадзора в качестве сосуда, работающего под давлением; минимально возможное сопротивление узла очистки для максимально возможного снижения энергозатрат на магистральный транспорт газа [4].

1.2 Метод «мокрого» улавливание частиц пыли

В аппаратах «мокрого» улавливания пыли механическая взвесь, находящаяся в газе, смачивается и удаляется промывочной жидкостью. Эти аппараты работают по замкнутому циклу, то есть промывочная жидкость используется многократно. В качестве промывочной жидкости чаще всего используется масло. Аппараты «мокрого» типа бывают по конструкции вертикальными, горизонтальными и других конструкций.

Масляный вертикальный пылеуловитель представляет собой вертикальный цилиндрический сосуд (рисунок 5) со сферическими днищами, рассчитанный на рабочее давление газопровода. Диаметр сосуда 1100-2400 мм. Сепаратор можно разделить на три части. Нижняя часть предназначена для насыщения потока газа маслом, которое заливается в сепаратор, и отделения крупных частиц пыли, находящихся в потоке газа. Средняя часть отделяется от

нижней части трубной решеткой с множеством вертикальных трубок небольшого диаметра. В средней части сепаратора происходит отделение мелких частиц пыли, находящихся в масляном тумане. Верхняя часть состоит из каплеуловителя масла и фильтра.

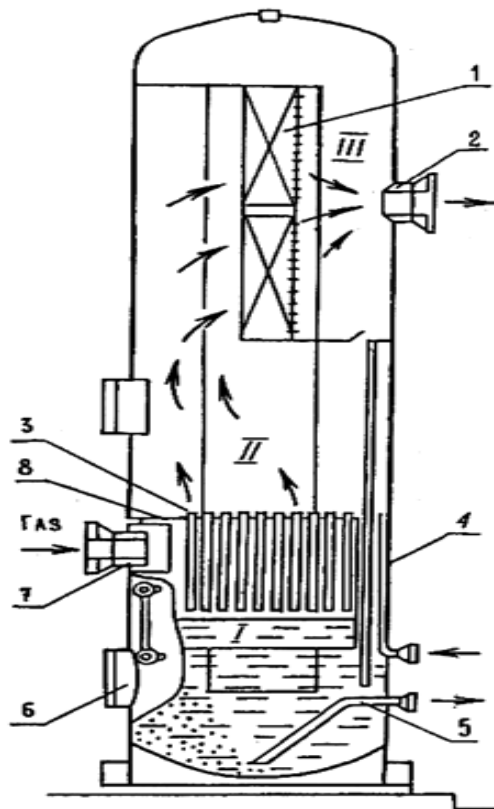


Рисунок 5 – Вертикальный масляный пылеуловитель:

1 – жалюзийный уловитель масляных капель; 2 – патрубок выхода очищенного газа; 3 – вертикальные трубки; 4 – подводящий патрубок чистого масла; 5 – дренажная трубка; 6 – люк; 7 – патрубок входа неочищенного газа; 8 – отбойный козырек;

I, II, III – нижняя, средняя и верхняя часть пылеуловителя.

Газ поступает в пылеуловитель через входной патрубок 7. Под действием отбойного козырька 8 газ меняет свое направление и движется в нижнюю часть аппарата к поверхности масла. Крупные частицы при снижении скорости и изменении направления потока за счет действия гравитационных и центробежных сил выпадают в масло и оседают на дно аппарата. При прохождении газа над поверхностью масла газовым потоком захватываются

частицы масла, затем поток вновь меняет направление и направляется через блок вертикальных трубок 3 в верхнюю часть аппарата. В трубках 3, а далее в средней свободной части аппарата газ интенсивно перемешивается с маслом, которое поглощает пыль, а также поступающий вместе с газом конденсат тяжелых углеводородов.

При выходе газа из вертикальных трубок в среднюю свободную часть аппарата скорость его резко снижается. При этом более крупные частицы жидкости выпадают на трубную решетку, и затем по трубке дренируют в нижнюю часть аппарата. Из средней части пылеуловителя газ поступает в верхнюю часть и проходит через жалюзийное сепарационное устройство 1, в котором отбирается мелкозернистая взвесь. Очищенный газ выходит через патрубок 2, а загрязненное масло сбрасывается из поддона через дренажную трубку также в нижнюю часть аппарата.

Чтобы обеспечить нормальную эффективную работу пылеуловителя необходимо в нем поддерживать постоянный уровень масла, который должен быть на расстоянии 25-30 мм от нижних концов трубок. Количество масла в пылеуловителе диаметром 2400 мм не превышает 2 м³. Очистка пылеуловителя и смена масла проводится 3-4 раза в год. Производительность пылеулавливания ограничивается скоростью потока газа в контактных трубках, которая не должна превышать 1-3 м/с.

Преимущество вертикального масляного пылеуловителя по сравнению с другими конструкциями пылеуловителей заключается в высокой степени очистки газа (коэффициент очистки достигает 97-98%). Недостатки – большая металлоемкость, унос жидкости с потоком газа (допускается не более 25 г на 1000 м³ газа), большое гидравлическое сопротивление (0,035-0,05 МПа), чувствительность к изменениям уровня масла в аппарате и другие.

Горизонтальные сепараторы – пылеуловители работают по принципу прохождения (барботажа) газа через слой масла.

Для уменьшения выноса масла с газом применяется две ступени сепарации: первая – пакеты с кольцами Рашига, вторая – жалюзийные пакеты.

Для очистки газа от пыли на отечественных газопроводах применяют установки с масляными пылеуловителями. Природный газ Γ , пройдя пылеуловители 1, направляется в компрессорный цех (рисунок 6).

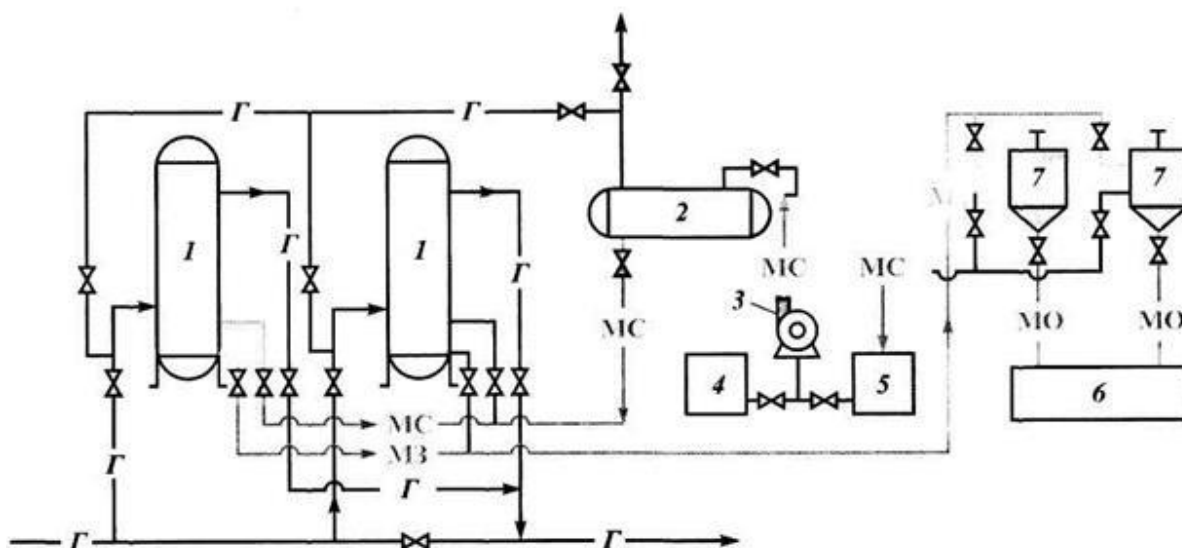


Рисунок 6 – Схема установки пылеуловителей

Пылеуловители заполняются маслом. По мере загрязнения масло МЗ перекачивается из пылеуловителей в отстойники 7. Свежее масло МС поступает в пылеуловители самотеком из масляного аккумулятора 2. Предварительно в аккумуляторе и пылеуловителях выравнивают давление. В масляный аккумулятор масло подается насосом 3 из мерного бака 5 или из бака свежего масла 4. При этом аккумулятор отключается от пылеуловителей и находящийся в нем газ выпускается в атмосферу. В мерный бак масло поступает самотеком из отстойников 7. Отработанное масло МО вместе со шлаком спускается в сборную емкость 6 [3].

2. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ПОДГОТОВКИ ГАЗА И МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Страницы 28-44 скрыты, так как информация относится к категории «коммерческая тайна».

3.2 Описание экспериментальной установки

Установка «ЦМ-20» предназначена для моделирования и определения основных параметров процесса улавливания твердых частиц в газовом потоке трубопровода с применением эжектора (рисунок 8).

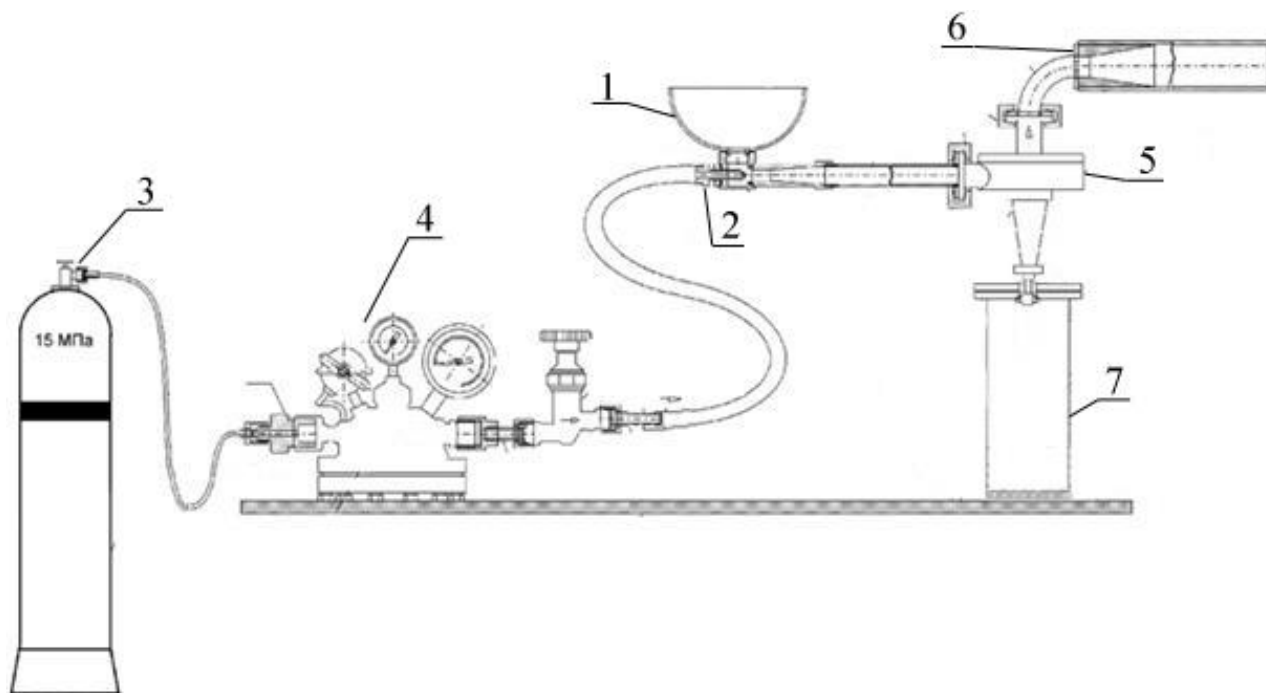


Рисунок 8 – Принципиальная схема экспериментальной установки
улавливания механических примесей

Обозначения на схеме:

- 1 – воронка приемная;*
- 2 – эжектор с кольцевым соплом;*
- 3 – баллон со сжатым воздухом 40л;*
- 4 – регулятор давления;*
- 5 – циклон;*
- 6 – выхлопная трубка;*
- 7 – форбункер.*

Установка состоит из эжектора 2 снабженного приемной воронкой 1 с регулируемым центральным соплом (рисунок 9). К выходному срезу эжектора (диффузору) присоединен трубопровод. На выходе трубопровода смонтирован циклон 5 с форбункером 7. Крепление циклона к трубопроводу осуществляется с помощью замков. К выхлопному патрубку циклона присоединено колено с измерительной трубой 6. Соединение колена с циклоном также осуществлено с помощью замка. Для нахождения скорости потока газа выхлопной трубы используют пневмометрический прибор – трубку Пито-Прандтля.

Питание установки сжатым воздухом осуществляется от баллона 3 емкостью 40 литров заполненного воздухом до 15 МПа, либо воздушным компрессором. Понижение давления воздуха до необходимого значения осуществляется рамповым редуктором ДКР-250 4. Подвод пониженного давления воздуха к редуктору производится через гибкий шланг.

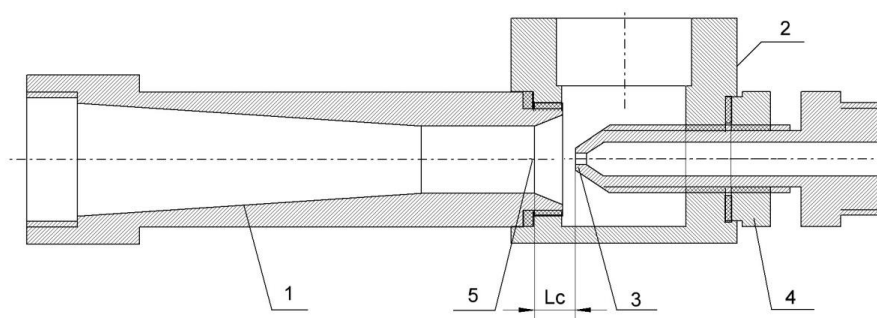


Рисунок 9 – Эжектор с центральным соплом:

1 – диффузор, 2 – приемная секция, 3 – регулируемое сопло, 4 – контргайка, 5 – смесительный участок

Эжектор схематично изображен на рисунке 2. Применение эжектора в предлагаемой установке продиктовано экономией сжатого воздуха, потребляемого из баллона, т.к. значительная часть воздуха в этом случае подсасывается (эжектируется) из окружающей атмосферы вместе с частицами песка через приемную воронку.

Принцип действия эжектора сводится к следующему. Из сопла 3 истекает высоконапорная - рабочая среда (газ), которая захватывает низконапорную (пассивную) среду и перемешивается с ней в смесительном участке 5. Далее поток газовой смеси расширяется и затормаживается в диффузоре 1, приобретая более высокое давление, чем исходное давление низконапорной среды.

3.3 Механизм улавливания механических примесей на экспериментальной установке

В приемную воронку 1 (рисунок 8) помещается песок с размером частиц от 0,5 мкм до 4-5 мм. Из баллона через редуктор 4 подается воздух с необходимым давлением на эжектор 2. В результате эжекционного эффекта образуется движения газового потока с механическими примесями по транспортной трубе ($D_y = 20$ мм), затем двухфазный поток тангенциально поступает в циклон 5. Поступающий в циклон газ приобретает вращательное движение и под воздействием центробежной силы твердые частицы в потоке газа движутся по спирали вниз, достигая стенок аппарата, и под действием силы тяжести скользят по ним в конусообразную часть циклона и далее ссыпаются вниз в форбункер 7. Очищенный газ удаляется через выхлопную трубу 6.

3.4 Основные требования к физической модели установки улавливания механических примесей

Физическая модель установки должна соответствовать определенным требованиям, а именно:

1. Газ-имитатор, который будет использоваться в экспериментальном стенде – воздух, азот;
2. Рабочее давление на входе от 1 до 15 атм;

3. Длина и внутренний диаметр трубопровода экспериментальной установки – $L=800\text{мм}$, $d=20\text{ мм}$;
4. Материал трубопровода – сталь;
5. Подача песка производится с помощью эжектора;
6. Необходимо измерять расход воздуха;
7. Взвешивать массу песка до и после эксперимента.

3.5 Порядок проведения эксперимента

Подготовительная часть работы (настройка коэффициента эжекции)

При подаче воздуха с помощью баллона со сжатым газом:

1. Открыть вентиль на баллоне, вентиль редуктора в это время должен быть закрыт;
2. Рукояткой редуктора выставить необходимое давление, ориентируясь по выходному манометру редуктора.

При подаче воздуха с помощью компрессора (рисунок 10):

1. Установить выключатель в положение «выключено»;
2. Подключить кабель электропитания к заземлённой розетке;
3. Установить выключатель в положение «включено». При этом компрессор начнёт качать воздух в ресивер до тех пор, пока давление в ресивере не достигнет максимального уровня, после чего компрессор автоматически отключится;
4. Отрегулировать давление на выходе из ресивера;

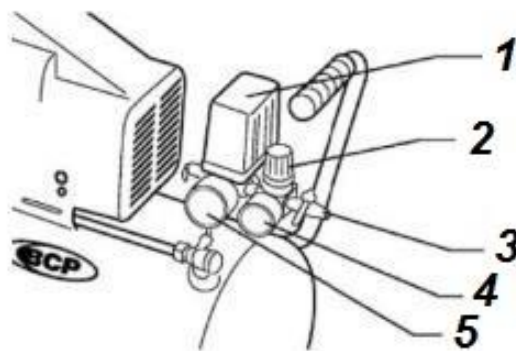


Рисунок 10 – Приборы воздушного компрессора, где:

1 – автоматический выключатель, 2 – регулятор, 3 – кран с быстросъемным соединением, 4 – манометр регулятора давления, 5 – манометр ресивера

5. Установить необходимое расстояние от среза сопла до начала смесительного участка эжектора (Lc). Вращая сопло вправо или влево, уменьшают (Lc) или увеличивают, тем самым уменьшают или увеличивают коэффициент эжекции;

6. После установления необходимого коэффициента эжекции затянуть контргайку.

Экспериментальная часть работы

1. Подать на эжектор воздух с заданным давлением;

2. Установить трубку Пито-Прандтля точно по оси выхлопной трубы и найти разность динамического и статического давлений;

3. По разности динамического и статического давления найти максимальную скорость потока воздуха в выхлопной трубке;

4. Определить число Рейнольдса и найти величину средней скорости потока;

5. Рассчитать расход воздуха, исходя из средней скорости потока и площади сечения трубопровода;

6. Взвесить необходимую массу песка;

7. Вручную осуществить подачу твердых частиц в приемную воронку, соблюдая необходимую концентрацию частиц в потоке воздуха;

8. Взвесить массу отделившихся частиц;

9. Оценить степень очистки газа по коэффициенту полезного действия циклона;

10. Найти величину коэффициента уноса;

11. Определить сопротивление и секундную производительность циклона;

12. Результаты вычислений занести в таблицу;

13. Построить графики зависимости степени очистки газа от концентрации, от размера частиц песка и от скорости потока;

14. Сделать выводы о проделанной работе.

Порядок проведения расчетов:

Максимальная (осевая) скорость потока газа:

$$V_{\max} = \sqrt{\frac{2 \cdot g \cdot \Delta P}{\rho}} \quad (3.4.1)$$

Число Re:

$$Re = \frac{\rho \cdot V_{\max} \cdot d}{\mu} = \frac{V_{\max} \cdot d}{\nu} \quad (3.4.2)$$

где d - внутренний диаметр трубопровода, $\nu = 1,5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ – кинематическая вязкость воздуха.

Средняя скорость $V_{\text{ср}}$ находится по графику на рисунке 11

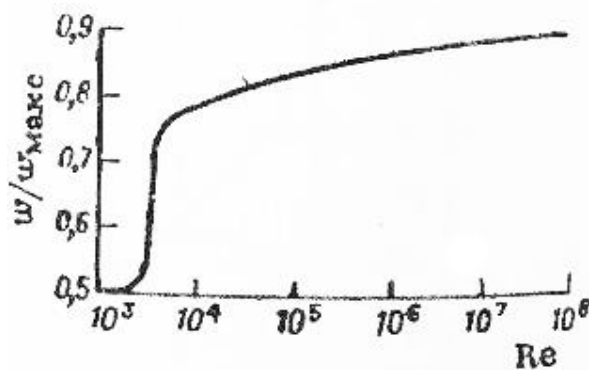


Рисунок 11 – Зависимость отношения средней скорости $V_{\text{ср}}$ потока к его максимальной скорости V_{max} от Re

Формула для расчета расхода сжатого газа (массового) в зависимости от диаметра отверстия и давления в сети:

$$G = f \times P_{\text{абс}} \times 10^5 \times 3600 \times \sqrt{k_p \times \left(\frac{2}{k_p + 1} \right)^{\frac{k_p + 1}{k_p - 1}} \times \frac{1}{RT_p}} \quad (3.4.3)$$

где G – расход сжатого газа в кг/час; f – площадь сопла в м^2 ; $P_{\text{абс}}$ – полное давление на сопле: $P_{\text{абс}} = P_0 + P_{\text{изб}} = 1 + P_{\text{изб}}$, где P_0 – атмосферное давление в атм, $P_{\text{изб}}$ – давление на манометре в атм; k_p – показатель адиабаты, для воздуха

$k_p=1,4$; R – газовая постоянная, для воздуха $R=287$ дж/кг×град; T_p – температура газа в К, $T_p = t^{\circ}\text{C}+273$

Общий расход газа определяют по формуле:

$$Q = 0,785 \cdot d^2 \cdot V_{cp} \quad (3.4.4)$$

Степень очистки газа характеризуется коэффициентом полезного действия циклона:

$$\eta = \frac{M_{ул}}{M_{нач}} \cdot 100 \quad (3.4.5)$$

где $M_{ул}$ - масса твердой фазы, уловленной в циклоне, $M_{нач}$ - масса всех твердых частиц, поступивших в циклон.

Работа циклона может быть также охарактеризована величиной коэффициента уноса:

$$\varepsilon = \frac{C_k}{C_n} \cdot 100 \quad (3.4.6)$$

где C_k – концентрация твердой фазы в очищенном газе, C_n – концентрация твердой фазы в исходном газе.

Эффективное сопротивление характеризуется потерей давления в циклоне ΔP и зависит от плотности газа ρ_g и увеличивается пропорционально квадрату скорости газа.

В циклонах влияние сопротивлений всех видов (местные и обуславливаемые трением) учитывают одним общим коэффициентом ξ , а вместо действительных скоростей газового потока в различных сечениях циклона используют условную скорость U_{ysl} , равную отношению объема газа, проходящего через циклон, к его полному поперечному сечению.

Тогда сопротивление циклона определится из выражения:

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot \rho_g \cdot U_{ysl}^2}{2} \quad (3.4.7)$$

$$\xi = \frac{2 \cdot \Delta P}{\rho_g \cdot U_{ysl}^2} \quad (3.4.8)$$

Коэффициент гидравлического сопротивления ξ для циклонов стандартных конструкций находится в пределах от 75 до 300 в зависимости от модификации. Для данного циклона $\xi = 155$.

При выбранном значении сопротивления определяют величину условной скорости газа:

$$U_{\text{усл}} = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{D_{\text{циклона}}^2}{4}} \quad (3.4.9)$$

Для удобства визуального анализа полученных результатов предусматривается занесение их в таблицу и представление их в виде графиков в зависимостях $\eta(C_n)$, $\eta(V)$.

3.6 Пример расчета

Целью расчета является расчет степени очистки газа и коэффициента гидравлического сопротивления на выходе из аппарата при известном значении максимальной скорости газа, измеренной трубкой Пито-Прандтля, и концентрации твердой фазы.

Зададим скорость газа. Пусть $U_{\text{max}} = 8$ м/с.

Найдем число Re:

$$Re = \frac{\rho \cdot V_{\text{max}} \cdot d}{\mu} = \frac{V_{\text{max}} \cdot d}{\nu} = \frac{8 \cdot 0,02}{1,5 \cdot 10^{-5}} = 10\,667$$

по графику на рисунке 11 находим значение средней скорости газового потока:

$$U_{\text{ср}} = U_{\text{max}} \cdot 0,78 = 6,24 \text{ м/с.}$$

Расход газа (объемный):

$$Q = 0,785 \cdot (0,02)^2 \cdot 6,24 = 0,00196 \text{ м}^3/\text{с} = 7 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Масса твердой фазы, которая была подана в приемную воронку $M_{\text{нач}}=25$ г. Размер частиц песка 20-25 мкм. Засыпание песка производилось 90 секунд равными дозами.

Концентрация песка в воздушном потоке:

$$C_n = \frac{M_{нач}}{Q \cdot t} = \frac{25}{0,00196 \cdot 90} = 141,7 \text{ г/м}^3.$$

Масса твердой фазы, уловленной в циклоне $M_{ул} = 24,32 \text{ г}$.

Найдем степень очистки газа:

$$\eta = \frac{M_{ул}}{M_{нач}} \cdot 100 = \frac{24,32}{25} \cdot 100 = 97,3 \text{ \%}.$$

Концентрация твердой фазы в очищенном газе:

$$C_k = \frac{M_{нач} - M_{ул}}{Q \cdot t} = \frac{25 - 24,32}{0,00196 \cdot 90} = 3,85 \text{ г/м}^3.$$

Рассчитаем коэффициент уноса твердых частиц в циклоне:

$$\varepsilon = \frac{C_k}{C_n} \cdot 100 = \frac{3,85}{141,7} \cdot 100 = 2,7 \text{ \%}.$$

Условная скорость газа в циклоне:

$$U_{усл} = \frac{Q}{\pi \cdot \frac{D_{циклона}^2}{4}} = \frac{0,00196}{3,14 \cdot \frac{(0,06)^2}{4}} = 0,7 \text{ м/с}.$$

Эффективное сопротивление циклона считаем из условия, что мы знаем гидравлическое сопротивление экспериментальной установки ($\xi=155$):

$$\Delta P = \frac{\xi \cdot \rho_g \cdot U_{усл}^2}{2} = \frac{155 \cdot 1,2 \cdot (0,7)^2}{2} = 45,57 \text{ Па}.$$

Таблица 3.1 – Результаты опыта

№ п.п.	Наименование показателей	Единицы измерения	Результат
1.	Размер частиц песка ($\gamma_{частиц}$)	мкм	20-25
2.	Расход воздуха (Q)	м ³ /час	7
3.	Масса твердой фазы, взвешенной для опыта ($M_{нач}$)	г	25
4.	Масса твердой фазы, уловленной в циклоне ($M_{ул}$)	г	24,3
5.	Объем пропущенного через циклон воздуха ($V=Q \cdot t$)	м ³	0,176
6.	Концентрация твердой фазы в поступающем в циклон воздухе	г/м ³	141,7

	$(C_H = M_{\text{нач}}/V)$		
7.	Концентрация твердой фазы в выходящем из циклона воздухе $(C_K = M_{\text{ул}}/V)$	г/м ³	3,85
8.	Полное сечение циклона ($S_{\text{ц}}$)	м ²	0,00283
9.	КПД циклона (η)	%	97,3
10.	Коэффициент уноса (ϵ)	%	2,7
11.	Потери давления в циклоне (ΔP)	Па	45,57
12.	Коэффициент сопротивления	ед	155
13.	Средняя условная скорость газа в циклоне ($U_{\text{усл}}$)	м/с	0,7

3.7 Сбор и обработка полученных экспериментальных данных

В ходе выполнения работы на экспериментальной установке были получены результаты по очистке газа от песка дисперсностью 20-25 мкм и более крупных частиц песка дисперсностью 1 мм при различной скорости газа на входе в циклон и различной концентрации песка в запыленном газе. Результаты представлены в таблицах и на рисунках

Таблица 3.2 – Результаты эффективности центробежной очистки газа на экспериментальной модели для частиц песка $d = 20\text{-}25$ мкм при концентрации $C_H = 30\text{г/м}^3$.

Скорость газа, м/с	Объемный расход воздуха, м ³ /ч	Масса твердой фазы, уловленной в циклоне, г	Степень очистки запыленного газа, %
5	5,652	24,12	96,48
6	6,7824	24,3	97,2
8	9,0432	24,32	97,28
10	11,304	24,5	98
12	13,5648	24,68	98,72

15	16,956	24,83	99,32
----	--------	-------	-------

Таблица 3.3 – Результаты эффективности центробежной очистки газа на экспериментальной модели для частиц песка $d=1$ мм при концентрации $C_H=30\text{г/м}^3$.

Скорость газа, м/с	Объемный расход воздуха, м ³ /ч	Масса твердой фазы, уловленной в циклоне, г	Степень очистки запыленного газа, %
5	5,652	24,35	97,4
6	6,7824	24,4	97,6
8	9,0432	24,48	97,92
10	11,304	24,52	98,08
12	13,5648	24,81	99,24
15	16,956	24,87	99,48

Таблица 3.4 – Результаты эффективности центробежной очистки газа на экспериментальной модели для частиц песка $d=20-25$ мкм при $U = 10\text{м/с}$.

Концентрация песка в запыленном газе, г/м ³	Масса твердой фазы, уловленной в циклоне, г	Степень очистки запыленного газа, %
10	23,8	95,2
30	24,03	96,12
50	24,25	97
80	24,53	98,12
100	24,6	98,4
140	24,64	98,56
200	23,98	95,92
300	22,1	88,4

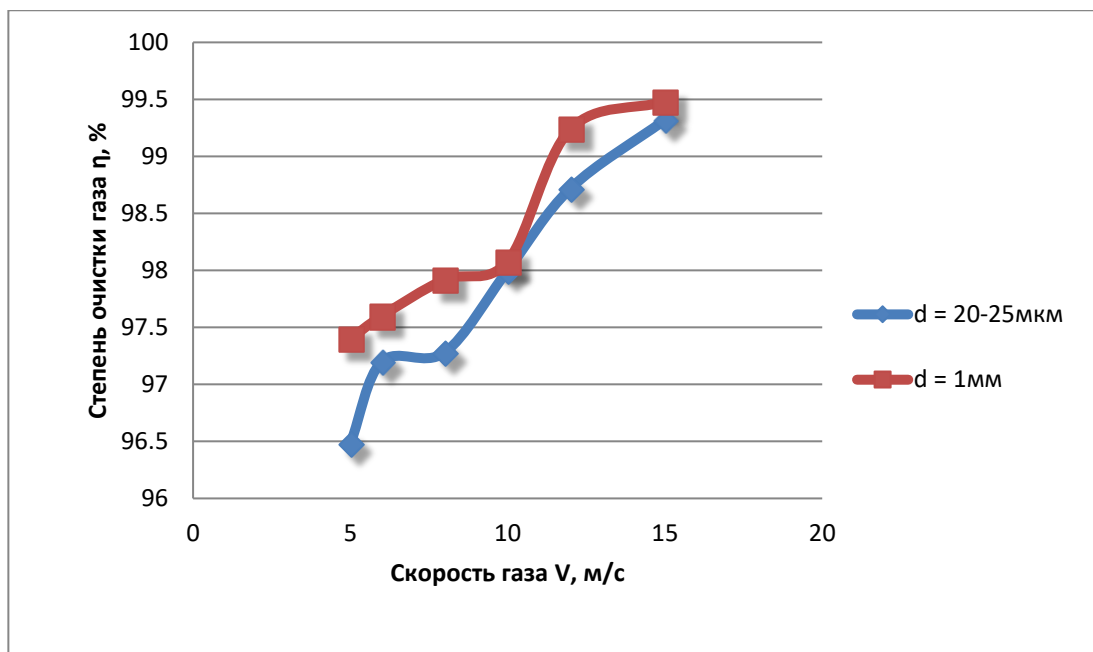


Рисунок 12 – Зависимость степени очистки газа от скорости газа



Рисунок 13 – Зависимость степени очистки газа от концентрации песка в запыленном газе

Вывод по эксперименту:

В результате работы на лабораторном стенде был детально рассмотрен процесс центробежной сепарации. По построенным графикам можно выявить зависимость, что с увеличением скорости газа, проходящего через циклон, степень очистки газа значительно повышается. Результаты эксперимента также

свидетельствуют о том, что при увеличении концентрации твердых частиц в запыленном газе степень очистки повышается. Это может быть вызвано тем, что механические частицы коагулируют в процессе сепарации. Максимальная эффективность сепарации была достигнута при концентрации $C_n = 140 \text{ г/м}^3$. Дальнейшее повышение концентрации показало ухудшение эффективности пылеулавливания, что объясняется большой нагрузкой на циклон.

4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Введение

В бакалаврской работе описывается целесообразность внедрения в систему подготовки газа модульной циклонной вставки. Данный элемент можно использовать перед К или С пробкоуловителем, перед узлом входа шлейфов на М ГKM, а также перед турбодетандер-компрессорным агрегатом (ТДКА). Модульная циклонная вставка - устройство, которое обеспечивает дополнительное отделение газа от твердых примесей и снижает засорение и дальнейший выход из строя оборудования УКПГ. Необходимо рассчитать эффективность использования данной модернизации для рассматриваемого УКПГ М газоконденсатного месторождения. С этой целью необходимо рассчитать единовременные (приобретение оборудования и его монтажа) и эксплуатационные затраты для того, чтобы оценить экономическую эффективность предлагаемой модернизации системы подготовки газа.

4.1 Основные фонды

Расчет стоимости необходимого оборудования для монтажа модульной циклонной вставки представлен в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Оборудование для монтажа модульной циклонной вставки

№	Наименование	Единица измерения	Количество	Стоимость, Рублей (с НДС)
1	Прямоточный циклон с осадительной камерой	шт.	1	275 000
2	Труба стальная электросварная (500x10)	м.	10	38 400
3	Шаровый кран с электрическим приводом Ду500	шт.	2	520 000

4	Термоманометр ТМТБ	шт.	2	2 500
5	Блок аварийного управления	шт.	1	16 400
6	Кабель КИПвЭВнг(А)-LS 10х2х0,78	м.	1000	137 000
Итого				989 300

Расчет амортизационных отчислений для оборудования модульной циклонной вставки представлен в таблице 4.2. Он проведен согласно постановлению Правительства РФ от 01.01.2002 N 1 (ред. от 07.07.2016) "О Классификации основных средств, включаемых в амортизационные группы".

Таблица 4.2 — Амортизационные отчисления для оборудования модульной циклонной вставки

№	Наименование	Амортизационная группа	Норма амортизации годовая	Сумма амортизации за 1 год, рублей
1	Прямоточный циклон с осадительной камерой	3 группа	20 %	55 000
2	Труба стальная электросварная (500х10)	3 группа	20 %	7 680
3	Шаровый кран с электрическим приводом Ду500	2 группа	33 %	171 600
4	Термоманометр ТМТБ	2 группа	33 %	825
5	Блок аварийного управления	5 группа	2,7 %	442,8
6	Кабель КИПвЭВнг(А)-LS 10х2х0,78	6 группа	1,8 %	2 466

Итого	240479,8
--------------	----------

4.2 Затраты на монтаж модульной циклонной вставки

Для правильной и безопасной работы установки необходим ее правильный монтаж специалистами инженерно-технического отдела. Рассмотрим основные виды работ, которые необходимы для проведения монтажа и представим их в таблице 4.3. Данные виды работ относятся к контрагентным услугам.

Таблица 4.3 – Экономические затраты на монтаж установки

№	Вид монтажных работ	Количество дней	Стоимость работ, рублей
1	Доставка оборудования	0,5	80 000
2	Обустройство территории	1	50 000
3	Продувка трубопровода	0,5	3 000
4	Врезка в трубопровод	1	30 000
5	Опрессовка линии давлением в 200 атм.	0,5	5 000
6	Прокладка кабеля к электрическому приводу крана и приборам КИПиА	0,5	4 000
Итого		4	172 000

Общие затраты на монтаж циклона составили 172 000 рублей. Таким образом единовременные затраты составляют 1 401 776,8 рублей.

4.3 Общие данные оборудования модульной циклонной вставки

Далее рассчитаем стоимость эксплуатации модульной циклонной вставки. В состав сметных расценок на эксплуатацию $C_{маш}$ входят следующие статьи затрат (руб./маш.-час) :

$$C_{маш} = A + P + B + Z + E, \quad (4.3.1)$$

где: A - амортизационные отчисления на полное восстановление, рублей/машино-час;

P – затраты на выполнение всех видов ремонта, диагностирование и техническое обслуживание, рублей/машино-час;

B – затраты на замену быстроизнашивающихся частей, рублей/машино-час;

$З$ – оплата труда рабочих, рублей/машино-час;

$Э$ – затраты на энергоносители, рублей/машино-час;

4.4 Амортизационные отчисления для оборудования модульной циклонной вставки в расчете для каждой единицы в руб./маш.-час.

Амортизационные отчисления, которые уходят на полное восстановление модульной циклонной вставки определяются по формуле:

$$A_{см} = \frac{B_c \cdot H_a \cdot K_a}{T \cdot 100}, \quad (4.4.1)$$

где: B_c – средневзвешенная восстановительная стоимость машин данной типоразмерной группы, руб.;

H_a – норма амортизационных отчислений, процент/год. Показатели H_a принимаются по установленным единым нормам амортизационных отчислений:

$$\begin{aligned} H_{\text{циклон}} &= 20\%; H_{\text{трубопровод}} = 20\%; H_{\text{кран}} = 33\%; H_{\text{термоманометр}} \\ &= 33\%; H_{\text{блок управления}} = 2,7\%; H_{\text{кабель}} = 1,8\%; \end{aligned}$$

K_a – коэффициент к норме амортизационных отчислений, учитывает отраслевую и региональную специфику применения строительных машин и автотранспортных средств для производства строительно-монтажных работ, а также интенсивность их использования. Коэффициент K_a применяется при привязке сметных норм и расценок на эксплуатацию машин к данным условиям строительства. При установлении показателя K_a следует руководствоваться: положением по применению единых норм амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов. Коэффициент K_a

дифференцирован по трем уровням. При расчете и разработке сметной нормы и расценки на эксплуатацию машины учитывается средний режим интенсивности ее использования, при котором $K_a=1$ и соответствует основным значениям норм амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов.

Принимаем $K_a=1$;

T – годовой режим эксплуатации установки.

$$A_{\text{циклон}} = \frac{B_{c1} \cdot H_{a1} \cdot K_{a1}}{T \cdot 100\%} = \frac{300000 \cdot 20\% \cdot 1}{8712 \cdot 100\%} = 6,887 \text{ руб./маш. -час};$$

$$A_{\text{трубопровод}} = \frac{B_{c2} \cdot H_{a2} \cdot K_{a2}}{T \cdot 100\%} = \frac{62400 \cdot 20\% \cdot 1}{8712 \cdot 100\%} = 1,43 \text{ руб./маш. -час};$$

$$A_{\text{кран}} = \frac{B_{c3} \cdot H_{a3} \cdot K_{a3}}{T \cdot 100\%} = \frac{537000 \cdot 33\% \cdot 1}{8712 \cdot 100\%} = 20,34 \text{ руб./маш. -час};$$

$$A_{\text{термоманометр}} = \frac{B_{c4} \cdot H_{a4} \cdot K_{a4}}{T \cdot 100\%} = \frac{3300 \cdot 33\% \cdot 1}{8712 \cdot 100\%} = 0,125 \text{ руб./маш. -час};$$

$$A_{\text{блок управления}} = \frac{B_{c5} \cdot H_{a5} \cdot K_{a5}}{T \cdot 100\%} = \frac{24900 \cdot 2,7\% \cdot 1}{8712 \cdot 100\%} = 0,077 \text{ руб./маш. -час.}$$

$$A_{\text{кабель}} = \frac{B_{c6} \cdot H_{a6} \cdot K_{a6}}{T \cdot 100\%} = \frac{157000 \cdot 1,8\% \cdot 1}{8712 \cdot 100\%} = 0,324 \text{ руб./маш. -час};$$

Показатель B_c определяется по формуле:

$$B_c = Ц + З_d, \quad (4.4.2)$$

где: $Ц$ – средневзвешенная цена по маркам машин данной типоразмерной группы при определении затрат на эксплуатацию, определяемая на основе рыночных цен и показателей балансовой стоимости на дату введения в действие сметной расценки;

$З_d$ – затраты на первоначальную доставку машины от завода изготовителя к потребителю с учетом транспортных расходов, затрат на тару, затрат на погрузочно-разгрузочные работы, заготовительно-складских расходов на дату введения в действие сметной расценки и упаковку. Показатель $З_d$ определяется на основе анализа транспортных схем доставки.

$$B_{\text{циклон}} = Ц_1 + З_{d1} = 275000 + 25000 = 300000 \text{ руб.};$$

$$B_{\text{трубопровод}} = Ц_2 + З_{d2} = 38400 + 24000 = 62400 \text{ руб.};$$

$$B_{\text{кран}} = Ц_3 + З_{d3} = 520000 + 17000 = 537000 \text{ руб.};$$

$$B_{\text{термоманометр}} = Ц_4 + З_{д4} = 2500 + 800 = 3300 \text{ руб.};$$

$$B_{\text{блок управления}} = Ц_5 + З_{д5} = 16400 + 8500 = 24900 \text{ руб.};$$

$$B_{\text{кабель}} = Ц_6 + З_{д6} = 137000 + 20000 = 157000 \text{ руб.}$$

Годовой режим эксплуатации установки. Показатель T устанавливается вследствие анализа фактических данных по использованию данного вида машин в течение года при изучении сменных рапортов. Потеря времени в связи с отсутствием работ учитываться не должны. T считается по формуле:

$$T = (365 - (П_д + М + П + Р)) \cdot K_{pc} \cdot K_c = (365 - (2)) \cdot 12 \cdot 2 = 8712 \text{ час, (4.4.3)}$$

где: 365 – количество дней в году;

$П_д$ – количество праздничных дней;

$М, П, Р$ – количество перерывов в работах установки;

K_{pc} – нормативная продолжительность рабочей смены;

K_c – коэффициент сменности работы.

K_c исчисляется, как отношение времени, отрабатываемого установкой за сутки, в среднем в течение года к нормативной продолжительности рабочей смены.

4.5 Нормативный показатель затрат на все виды ремонта для каждого оборудования модульной циклонной вставки

Расчет нормативного показателя затрат на все виды ремонта производится по формуле:

$$P = \frac{B_c \cdot H_p}{T \cdot 100}, \quad (4.5.1)$$

где: B_c - восстановительная стоимость;

H_p – норма годовых затрат;

T – годовой режим работы установки.

$$P_{\text{циклон}} = \frac{B_{c1} \cdot H_{p1}}{T \cdot 100\%} = \frac{300000 \cdot 24,33\%}{8712 \cdot 100\%} = 8,38 \text{ руб./маш. час};$$

$$P_{\text{трубопровод}} = \frac{B_{c2} \cdot H_{p2}}{T \cdot 100\%} = \frac{62400 \cdot 32\%}{8712 \cdot 100\%} = 2,29 \text{ руб./маш. час};$$

$$P_{\text{кран}} = \frac{B_{c3} \cdot H_{p3}}{T \cdot 100\%} = \frac{537000 \cdot 19,36\%}{8712 \cdot 100\%} = 11,93 \text{ руб./маш. час};$$

$$P_{\text{термоманометр}} = \frac{B_{c4} \cdot H_{p4}}{T \cdot 100\%} = \frac{3300 \cdot 48,48\%}{8712 \cdot 100\%} = 0,18 \text{ руб./маш. час};$$

$$P_{\text{блок управления}} = \frac{B_{c5} \cdot H_{p5}}{T \cdot 100\%} = \frac{24900 \cdot 220,88\%}{8712 \cdot 100\%} = 6,313 \text{ руб./маш. час};$$

$$P_{\text{кабель}} = \frac{B_{c6} \cdot H_{p6}}{T \cdot 100\%} = \frac{157000 \cdot 19,1\%}{8712 \cdot 100\%} = 3,44 \text{ руб./маш. час};$$

H_p рассчитывается по формуле:

$$H_p = \frac{P+TO}{B_c} \cdot 100 \%, \quad (4.5.2)$$

где: $P+TO$ – сумма среднегодовых затрат на техническое обслуживание и ремонт, которые включают в себя:

- средства, потраченные на покупку заменяемых агрегатов и запасных частей к ним с учетом всех транспортных расходов;
- стоимость ремонтных материалов с учетом всех транспортных расходов;
- оплату труда ремонтных рабочих; при этом, трудоемкость определяется согласно представленным нормативным документам;
- средства, отчисляемые на эксплуатацию ремонтных баз в части прямых затрат, учитывая амортизацию технологического оборудования;

B_c – сумма показателей восстановительной стоимости машин данной модели в среднем за год;

$$H_{\text{циклон}} = \frac{P_1+TO_1}{B_{c1}} = \frac{(23000+50000) \cdot 100\%}{300000} = 24,33 \%;$$

$$H_{\text{трубопровод}} = \frac{P_2+TO_2}{B_{c2}} = \frac{(10000+10000) \cdot 100\%}{62400} = 32 \%;$$

$$H_{\text{кран}} = \frac{P_3+TO_3}{B_{c3}} = \frac{(90000+14000) \cdot 100\%}{537000} = 19,36 \%;$$

$$H_{\text{термоманометр}} = \frac{P_4+TO_4}{B_{c4}} = \frac{(600+1000) \cdot 100\%}{3300} = 48,48 \%;$$

$$H_{\text{блок управления}} = \frac{P_5+TO_5}{B_{c5}} = \frac{(15000+40000) \cdot 100\%}{24900} = 220,88 \%;$$

$$H_{\text{кабель}} = \frac{P_6 + TO_6}{B_{с6}} = \frac{(20000 + 10000) \cdot 100\%}{157000} = 19,1 \, \%.$$

4.6 Нормативный показатель затрат на замену быстроизнашивающихся частей

Данный показатель затрат определяется по формуле:

$$Б = \frac{(Ц_{бч} + З_{д.бч} + З_{п.бч} \cdot (1 + Н + П)) \cdot K_{бч}}{T_p}, \quad (4.6.1)$$

где: $Ц_{бч}$ - цена быстроизнашивающийся части по рыночной стоимости;

$З_{д.бч}$ – затраты на доставку с учетом транспортных расходов.

Устанавливается для региона;

$З_{п.бч}$ – оплата труда ремонтных рабочих;

$K_{бч}$ – количество частей. Устанавливается по инструкции на эксплуатацию машин;

$Н + П$ – индивидуальные нормы для накладных расходов и сметной прибыли берется в долях от оплаты труда рабочих и составляет 0,7;

T_p – нормативный ресурс на деталь данного вида. Принимается на основе:

- рекомендаций изготовителя;
- данных, приводимых в нормативной литературе;
- фактических показателей срока службы.

$$Б_{\text{циклон}} = \frac{((Ц_{бч1} + З_{д.бч.1} + З_{п.бч.1} \cdot (1 + Н + П)) \cdot K_{бч1}}{T_{p1}} = \frac{((25000 + 15000 + 8000 \cdot (1 + 0,7)) \cdot 1}{8712} =$$

6,15 руб./маш.час. (закручивающее устройство);

$$Б_{\text{трубопровод}} = \frac{((Ц_{бч2} + З_{д.бч.2} + З_{п.бч.2} \cdot (1 + Н + П)) \cdot K_{бч2}}{T_{p2}} = \frac{((5000 + 500 + 4000 \cdot (1 + 0,7)) \cdot 1}{8712} =$$

1,41 руб./маш.час. (шлифовка швов);

$$Б_{\text{кран}} = \frac{((Ц_{бч3} + 3_{д.бч.3} + 3_{п.бч.3} \cdot (1+Н+П)) \cdot K_{бч3}}{T_{p3}} = \frac{((14000+5000+4000 \cdot (1+0,7)) \cdot 2}{8712} =$$

3,74 руб./маш.час. (шестерни редуктора)

$$Б_{\text{термоманометр}} = \frac{((Ц_{бч4} + 3_{д.бч.4} + 3_{п.бч.4} \cdot (1+Н+П)) \cdot K_{бч4}}{T_{p4}} = \frac{((500+500+1000 \cdot (1+0,7)) \cdot 1}{8712} =$$

0,3 руб./маш.час. (датчик сопротивления);

$$Б_{\text{блок управления}} = \frac{((Ц_{бч5} + 3_{д.бч.5} + 3_{п.бч.5} \cdot (1+Н+П)) \cdot K_{бч5}}{T_{p5}} =$$

$$\frac{((1000+500+2000 \cdot (1+0,7)) \cdot 1}{8712} = 0,56 \text{ руб./маш.час. (шлейфы, предохранители).}$$

$$Б_{\text{кабель}} = \frac{((Ц_{бч6} + 3_{д.бч.6} + 3_{п.бч.6} \cdot (1+Н+П)) \cdot K_{бч6}}{T_{p6}} = \frac{((1500+500+2000 \cdot (1+0,7)) \cdot 1}{8712} =$$

0,62 руб./маш.час. (замена переходных соединений).

При отсутствии необходимых данных в перечисленных документах количество рабочих определяются по фактическим условиям эксплуатации установки.

Расчет суммы, начисленной по тарифным ставкам, должностным окладам, сдельным расценкам или в процентах от выручки от реализации продукции (работ, услуг) в соответствии с принятыми на предприятии (организации) формами и системами оплаты труда (табл. 4.4).

Таблица 4.4 – Надбавки и доплаты к заработной плате работника

Наименование надбавки	Значение
Районный коэффициент	1,7
Северная надбавка	1,5
Доплата за вредность	1,12
Компенсационная выплата за время нахождения в пути на вахту/с вахты	1,25
Компенсационная выплата за вахтовый метод работы	1,1

Таким образом, с учетом показателей в таблице 4.3, а также количеством техники в виде одной единицы модульной циклонной вставки рассчитывается

количество работников, необходимых для эксплуатации данной установки и затраты на их заработную плату, занесем результаты в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Расчет заработной платы работников

	Оператор ТУ дневной	Оператор ТУ ночной	Слесарь КИПиА дневной	Слесарь КИПиА ночной
Часовая тарифная ставка	12,5	12,5	9,5	9,5
Районный коэффициент, руб.	8,75	8,75	6,65	6,65
Северная надбавка, руб.	6,25	6,25	4,75	4,75
Доплата за вредность, руб.	1,5	1,5	1,14	1,14
Время нахождения в пути, руб.	3,125	3,125	2,375	2,375
Вахтовый метод работы, руб.	1,25	1,25	0,95	0,95
Итого, руб./час	33,375	33,375	25,365	25,365
Время работы, часов	4356	4356	4356	4356
Итого, руб. за работу 1-го работника, руб	145 381,5	145 381,5	110 489,94	110 489,94
Общая сумма ЗП, руб.	511 742,88			

Согласно данным расчета из таблицы 4.4 для годового обслуживания модульной циклонной вставки на оплату труда обслуживающим ее работникам необходимо 511 742,88 руб.

Затраты на страховые взносы в пенсионный фонд, фонд социального страхования, фонд обязательного медицинского страхования и обязательного социального страхования от несчастных случаев на производстве представлены в таблице 4.6. Рассчитывая затраты на страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний, выбираем класс I с тарифом 0,2 для добычи природного газа и газового конденсата (код по ОКВЭД – 06.20).

Таблица 4.6 – Расчет годовых страховых взносов

	Оператор ТУ дневной	Оператор ТУ ночной	Слесарь КИПиА дневной	Слесарь КИПиА ночной
ЗП, руб.	145381,5	145381,5	110489,94	110489,94
ФСС (2,9%)	4216,1	4216,1	3204,2	3204,2
ФОМС (5,1%)	7414,45	7414,45	5634,985	5634,985
ПФР (22%)	31983,78	31983,78	24307,785	24307,785
Страхование от несчастных случаев (тариф 0,2%)	290,765	290,765	220,98	220,98
Всего, руб.	43905,245	43905,245	33367,95	33367,95
Общая сумма, руб.	154 546,39			

Общая сумма страховых взносов на 4 работников за 1 год составила 154 546,39 руб. Таким образом, общая сумма по заработной плате составила 666 289,27 руб.

4.7 Нормативные затраты на энергоносители

Для электроэнергии используется формула:

$$\mathcal{E}_d = H_d \cdot K_n \cdot (\mathcal{C}_d + \mathcal{Z}_{d,d}), \quad (4.7.1)$$

где H_d - норма расхода электроэнергии

Показатель H_d устанавливается:

- по паспортным данным;
- нормативам, приводимым в технической литературе;
- по фактическим данным;

K_n – коэффициент, учитывающий затраты на электроэнергию при работе пускового двигателя. При отсутствии такового - K_n не учитывается.

$\mathcal{C}_d$ – цена электроэнергии (2,6 руб кВт час);

$\mathcal{Z}_{d,d}$ – затраты на передачу электроэнергии до установки, с учетом всех транспортных расходов.

$$\mathcal{E}_{\text{циклон}} = H_{d2} \cdot K_{n2} \cdot (\mathcal{C}_{d2} + \mathcal{Z}_{d2}) = 0,7 \cdot 1 \cdot 2,6 = 1,82 \text{ руб./ маш. час}$$

(внешнее освещение);

$$\mathcal{E}_{\text{трубопровод}} = H_{d2} \cdot K_{n2} \cdot (\mathcal{C}_{d2} + \mathcal{Z}_{d2}) = 0 \cdot 1 \cdot 2,6 = 0 \text{ руб./ маш.};$$

$$\mathcal{E}_{\text{кран}} = H_{d3} \cdot K_{n3} \cdot (\mathcal{C}_{d3} + \mathcal{Z}_{d3}) = 0,5 \cdot 1 \cdot 2,6 = 1,3 \text{ руб./ маш. час (работа по аварийному перекрытию крана);}$$

$$\mathcal{E}_{\text{термоманометр}} = H_{d4} \cdot K_{n4} \cdot (\mathcal{C}_{d4} + \mathcal{Z}_{d4}) = 0 \cdot 1 \cdot 2,6 = 0 \text{ руб./ маш. час;}$$

$$\mathcal{E}_{\text{блок управления}} = H_{d5} \cdot K_{n5} \cdot (\mathcal{C}_{d5} + \mathcal{Z}_{d5}) = 0,5 \cdot 1 \cdot 2,6 = 1,3 \text{ руб./ маш. час (работа оборудования).}$$

$$\mathcal{E}_{\text{кабель}} = H_{d2} \cdot K_{n2} \cdot (\mathcal{C}_{d2} + \mathcal{Z}_{d2}) = 0 \cdot 1 \cdot 2,6 = 0 \text{ руб./ маш. час.}$$

4.8 Стоимость эксплуатации машины в год

Произведем расчёт стоимости эксплуатации установки $C_{\text{маш}}$:

$$C_{\text{циклон}} = A_1 + P_1 + B_1 + \mathcal{E}_1 + \Gamma_1 = 6,887 + 8,38 + 6,15 + 1,82 = 23,237 \text{ руб./маш.-час;}$$

$$C_{\text{трубопровод}} = A_2 + P_2 + B_2 + \mathcal{E}_2 + \Gamma_2 = 1,43 + 2,29 + 1,41 + 0 = 5,13 \text{ руб./маш.-час;}$$

$$C_{\text{кран}} = A_3 + P_3 + B_3 + \Xi_3 + \Gamma_3 = 20,34 + 11,93 + 3,74 + 1,3 = 37,31 \text{ руб./маш.-час};$$

$$C_{\text{термоманометр}} = A_4 + P_4 + B_4 + \Xi_4 + \Gamma_4 = 0,125 + 0,18 + 0,3 + 0 = 0,605 \text{ руб./маш.-час};$$

$$C_{\text{блок управления}} = A_5 + P_5 + B_5 + \Xi_5 + \Gamma_5 = 0,077 + 6,313 + 0,56 + 1,3 = 8,25 \text{ руб./маш.-час};$$

$$C_{\text{кабель}} = A_6 + P_6 + B_6 + \Xi_6 + \Gamma_6 = 0,324 + 3,44 + 0,62 + 0 = 4,384 \text{ руб./маш.-час};$$

Стоимость эксплуатации горизонтальной насосной установки в год:

$$C = \sum C_n \cdot T + Z_{\text{общ}} = (23,237 + 5,13 + 37,31 + 0,605 + 8,25 + 4,384) \cdot 8712 + 666289,27 = 1\,353\,805,46 \text{ руб./ маш. г.}$$

Данные по эксплуатации для каждого оборудования отдельно представлены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Стоимость эксплуатации оборудования в год

№	Наименование	Стоимость эксплуатации руб/ маш.- час	Количество часов	Стоимость эксплуатации оборудования в год
1	Прямоточный циклон с осадительной камерой	23,237	8712	202 440,75
2	Труба стальная электросварная (500x10)	5,13	8712	44 692,56
3	Шаровый кран с электрическим приводом Ду500	37,31	8712	325 044,72
4	Термоманометр ТМТБ	0,605	8712	5 270,76
5	Блок аварийного управления	8,25	8712	71 874
6	Кабель КИПвЭВнг(А)-LS 10x2x0,78	4,384	8712	38 193,4
Итого				687 516,19

4.9 Оценка экономического дохода при использовании модульной циклонной вставки

При пропуске поршня перед пробкоуловителем со стенок труб соскребаются все отложения: соли, парафины, механические примеси и т.д. Все это потоком газа увлекается за собой далее в систему подготовки газа, где происходит засорение оборудования, клапанов, дроселей, штуцеров, теплообменников и так далее. Это приводит к дальнейшему выводу их из строя и необходимости замены.

Также при забивании фильтра на турбодетандере происходит рост перепада давления и возникает необходимость в вынужденной остановке ТДКА и его прочистке. Данная процедура вместе с запуском занимает порядка 2 часов. Часовая потеря газа при соблюдении стандартов СТО Газпром 089-2010 составит около 100 тыс. м³ газа.

Заключение

Исходя из опыта эксплуатации турбодетандерной установки известно, что одной из основных составляющих сопротивления ТДКА является его фильтрующая секция, элементы которой в процессе эксплуатации оборудования засоряются и приводят к повышению сопротивления по аппарату в целом. В связи с необходимостью отказа от частой прочистки фильтрующих элементов ТДКА, был предложен вариант конструкции дополнительной сепарации газа до секции фильтрации, что позволит уменьшить количество остановок оборудования со сбросом давления и потерями газа. Данная модульная циклонная вставка также может устанавливаться перед УВШ или пробкоуловителями, если на это имеется необходимость. Расходы компании на внедрение и годовое обслуживание на месторождении модульной циклонной вставки необходимо потратить 1,35 млн. руб. При остановке турбодетандера хотя бы на 4 часа в год компания понесет убытки порядка 1,9 млн руб.

5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Понятие о социальной ответственности организаций [5] в общем случае включает производство продукции и оказание услуг надлежащего качества, удовлетворение интересов потребителей, соблюдение прав персонала на труд, выполнение требований к безопасности и гигиене труда, к промышленной безопасности и охране окружающей среды, ресурсосбережению, участие в социальных мероприятиях и поддержке инициатив местного сообщества, добросовестное ведение бизнеса. В бакалаврской работе для осуществления деятельности по очистке газа от механических примесей рассматривается промышленная установка комплексной подготовки газа (УКПГ), на которой должна быть соблюдена техника безопасности для ведения различного рода работ.

Установка комплексной подготовки газа предназначена для сбора, подготовки газа и конденсата на М газоконденсатном месторождении в соответствии с требованиями стандартов СТО Газпром 089-2010 [6]. Установка работает круглый год без перерывов, исключая время на проведение ремонта отдельных элементов установки.

5.1 Производственная безопасность

Таблица 5.1 – Основные опасные и вредные производственные факторы при обслуживании УКПГ

Вид работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003 – 2015)		Нормативные документы
	вредные	опасные	
1) Работа с оборудованием установки, контроль технического процесса; 2) Обслуживание приборов контроля и автоматики, пуск, остановка установки и вывод ее на режим;	1) Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе; 2) Превышение уровней шума и вибрации;	1) Поражение электрическим током; 2) Механическое травмирование;	СанПиН 2.2.4.3359-16 [7]; ГОСТ 12.1.003-14 [8]; ГОСТ 12.1.012-04 [9]; ГОСТ Р 12.1.009-09 [11]; ГОСТ 12.2.062-81

3) Участие в ремонте технологических установок;	3) Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны.		[12]; ГОСТ 12.2.003-91
4) Осуществление контроля над выходом и качеством продукции, расходом реагентов, энергоресурсов.	4) Биологический фактор		[13]; ГОСТ 12.1.005-88 [17]; ГОСТ 12.1.008-76 [18].

5.1.1 Анализ вредных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1) Отклонение показателей климата на открытом воздухе

Минимальная температура зимой составляет минус 49 °С, максимальная температура летом поднимается до плюс 35 °С. Низкие отрицательные температуры зимой и высокая температура летом, которая сопровождается скоплением насекомых, оказывают вредное воздействие на организм человека.

Для защиты человека от переохлаждения в зимнее время выдаются средства индивидуальной защиты (СИЗ) [19], а именно:

- комплект теплых рукавиц;
- утепленная зимняя обувь;
- утепленный зимний костюм из специализированного прочного материала.

На территории УКПГ также находятся отапливаемые помещения, которые могут служить местом обогрева для рабочего.

2) Повышенный уровень шума и вибрации

Источником шума на рабочем месте являются такие элементы УКПГ, как компрессора на дожимной компрессорной станции (ДКС), запорная арматура, трубопроводы, нагнетатели, продувочные свечи и др. Шум может оказать вредное воздействие на организм человека, а именно: быстрая утомляемость, временное нарушение слуха. Согласно государственному стандарту СанПиН 2.2.4.3359-16 [7] норма для помещения управления составляет 80 дБА, а значение уровня звука на рабочем месте составляет 60-65

дБА. Для того, чтобы уменьшить вредное воздействие на организм человека применяют следующие средства защиты: противошумные наушники, вкладыши, шлемы и т.д. [8].

Мероприятия для устранения превышения уровня шума включают: применение малошумных технологических процессов и оборудования, применение систем дистанционного контроля и управления, использование различных звукоизолирующих ограждений-кожухов, применение звукопоглощающих материалов для облицовки и др.

Повышенный уровень вибрации также оказывает вредное воздействие на организм человека, а именно: быстрая утомляемость, воздействие на внутренние органы, воздействие на органы слуха. Согласно ГОСТ 12.1.012–04 [9] технологическая норма уровня виброскорости составляет 92 дБ, при частоте в 63 Гц. Уровень вибрации на рабочем месте составляет более 100 дБ, что превышает норму.

Мероприятия для устранения превышения уровня вибрации следующие: применение дистанционного управления и контроля, модернизация существующего и разработка нового оборудования, применение различных средств виброизоляции и вибропоглощения, установка стационарного оборудования на отдельные фундаменты, исключение контакта работника с вибрирующими поверхностями за пределами рабочего места или рабочей зоны (установка ограждений, сигнализации, блокировки, предупреждающих надписей) и др [9].

3) Повышенная запыленность и загазованность рабочей зоны

Источником запыленности и загазованности рабочей зоны является оборудование УКПГ, вследствие работы которого создается вибрация и пыль поднимается и осаждается.

Опасность и вредность работы на установке обусловлена применением вредных и токсичных продуктов: газ-метан с примесями азота и углекислого газа, конденсат, водометанольная смесь.

Метан удушлив, а в смеси с воздухом при концентрации от 4 до 17% по объёму – взрывоопасен. Газ при не герметичности оборудования, трубопроводов в аварийных ситуациях может выделяться в пространство рабочих помещений, в воздух рабочей зоны на наружных установках, создавая при этом пожарную и взрывную опасность. При сепарации газожидкостной смеси на входе УКПГ и в процессе низкотемпературной сепарации выделяется газовый конденсат.

В качестве ингибитора гидратообразования используется метанол с концентрацией 80-95%. Метанол - сильный яд, действующий на нервную и сердечно сосудистую системы человека. В смеси с воздухом при концентрации от 5,5 до 36,5% объёмных взрывоопасен. Предельно допустимая концентрация метанола в воздухе рабочей зоны производственных помещений 5 мг/м³.

Для смазки трущихся частей механизмов на станции применяются минеральные масла, в том числе электронасосных агрегатов – масло турбинное ТП-22С. В системе продувки инертным газом применяется азот.

Азот инертный газообразный газ, бесцветный, невзрывоопасный, нетоксичный, накопление азота вызывает явление кислородной недостаточности и удушья.

Мероприятия для защиты от данного вида вредного воздействия: влажная уборка помещения один раз в неделю, проветривание помещения искусственным и естественным методами. Также в соответствии с ГОСТ 12.4.034-2001 [10] выдаются средства индивидуальной защиты:

- рукавицы или голицы с кислотостойкой пропиткой;
- противогазы и респираторы;
- защитные очки;
- различные защитные мази.

4) Биологический фактор

Источником биологического фактора являются кровососущие насекомые, такие как комары, мошки, оводы, клещи и т.д. Основной

опасностью данного фактора являются переносимые этими насекомыми болезни. Это различные вирусы и инфекции, которые могут привести к поражению нервной системы человека или даже к летальному исходу.

Для эффективной защиты от биологического фактора в соответствии с ГОСТ Р 12.4.296-2013 работникам выдаются костюмы для защиты от насекомых, а также различные репеллентные средства, разрешенные для обработки материалов, используемых для изготовления спецодежды [20].

5.1.2 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

1) Поражение электрическим током

Электробезопасность – система организационных мероприятий и технических средств, предотвращающих вредное и опасное воздействие на работающих от электрического тока и электрической дуги [11].

Источником поражения электрическим током могут служить провода, электрощитовая, цифровой блок управления. Воздействие на организм человека электрического тока может быть различное, вплоть до тяжелой травмы или смерти. Для предотвращения возникновения опасных ситуаций все проводники и установки заземлены и изолированы.

Электроустановки и связанные с ними конструкции должны быть стойкими в отношении воздействия окружающей среды или защищенными от этого воздействия. При опасности возникновения коррозии необходимо предусмотреть дополнительные меры по защите оборудования. Для цифрового и цветового обозначения всех отдельных неизолированных или изолированных проводников необходимо использовать цвета и цифры в соответствии с ГОСТ Р 50462-09 [15].

Безопасность обслуживающего персонала должна включать в себя:

- а) средства коллективной защиты: изоляция проводов и наблюдение за сохранением ее целостности, применение защитного заземления,

аварийное отключение системы с дистанционным сообщением в пультовую операторную.

- б) индивидуальные: использование инструмента с изолированными рукоятками, использование диэлектрической обуви и перчаток, указание напряжения на установке и мест заземления.

Также необходимо предусмотреть молниезащиту сооружений в соответствии с «Инструкцией по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций» [21].

2) Механическое травмирование

Основными опасными факторами являются движущиеся и вращающиеся части рабочего механизма. Механическое воздействие может быть различным: от легкой травмы, до смертельного исхода.

Необходимо проводить мероприятия по устранению возможных механических травм:

- 1) проверка наличия защитных ограждений на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов;
- 2) плановая и неплановая проверка пусковых и тормозных устройств;
- 3) проверка состояния оборудования и своевременное устранение дефектов.

Для защиты от данных опасных факторов используются коллективные средства защиты, - устройства, препятствующие появлению человека в опасной зоне. Согласно ГОСТ 12.2.062-81 [12] ограждения выполняются в форме различных сеток и решеток, а также экранов и специализированных кожухов. Все они должны иметь требуемые размеры и должны быть установлены так, чтобы при любом действии исключить доступ человека в опасную для него зону. При устройстве ограждений необходимо соблюдение определенных требований. В качестве профилактических мер планируется систематически производить проверку наличия защитных ограждений на движущихся и вращающихся частях машин и механизмов; плановую и неплановую проверку

состояния оборудования и своевременное устранение дефектов (ГОСТ 12.2.003-91) [13].

5.2 Экологическая безопасность

При монтаже, работе и обслуживании установки создаются воздействия на окружающую среду, представленные в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Вредные воздействия на окружающую среду при работе на УКПГ М газоконденсатного месторождения

Природные ресурсы и компоненты окружающей среды	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия [23]
Земля и земельные ресурсы	Повреждение слоя почвы	Рекультивация земель, рациональное планирование мест установки
	Загрязнение почвы химреакентами, маслами	Сооружение специальных сливных поддонов, уничтожение отработавших химреакентов
	Уничтожение растительности, создание неровностей поверхности при сооружении установки	Засыпка создаваемых неровностей
Лес и лесные ресурсы	Вырубка лесов, под установку оборудования	Соблюдение норматива отвода земель в заселенных территориях
Вода и водные ресурсы	Сброс пластовых вод в водоемы без тщательной их очистки	Использование оборудования по очистке и утилизации пластовой воды
Недра	Нарушение состояния геологической среды, путем закачки жидкости в пласт под высоким давлением	Инженерно-геологические и гидрогеологические наблюдения в скважинах
Воздушный бассейн	Выбросы пыли и токсичных газов от рабочих механизмов системы	Установка специализированных фильтров в систему вентиляции помещения для оборудования
Животный мир	Нарушение мест обитания животных, распугивание вследствие воспроизводимых высоких уровней шумов и вибрации	Проведение комплекса природоохранных мероприятий, планирование работ с учетом охраны животных

5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) - обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [12].

Чрезвычайные ситуации могут возникнуть в результате стихийных бедствий, а также при нарушении различных мер безопасности. На случай стихийных бедствий и аварий предусматривается план по ликвидации их последствий. При проведении работ по обслуживанию УКПГ наиболее вероятными авариями являются:

- разгерметизация фланцевых соединений;
- подсос воздуха в факельные системы, пробои сальниковых соединений на задвижках;
- переполнение и разрушение подземных емкостей, поломка насосных агрегатов;
- образование газовых пробок в насосах и трубопроводах с возможным разрушением трубопроводов от превышения давления при гидроударах;
- подсос воздуха в систему или его неполное удаление перед пуском, после остановки или ремонта;
- выход из строя приборов КИПиА, нарушение противопожарного режима, производственной и трудовой дисциплины.

Необходимо проверять исправность запорной арматуры в соответствии с графиком, утвержденным в установленном порядке [24].

Ежесменно с периодичностью в 2 часа, необходимо осуществлять обход УКПГ, с регистрацией результатов осмотра в вахтовом журнале.

При обходе необходимо осматривать трубопроводы, наземные сооружения, запорную арматуру, фланцевые соединения. Особое внимание необходимо обращать на показания манометров – осуществлять контроль за давлением и герметичностью системы.

В трубопроводах и аппаратах для предотвращения возникновения опасных искровых разрядов при движении горючих газов и паров должны везде, где это технологически допустимо, обеспечивать однофазовые газовые потоки, исключаящие твёрдые и жидкие частицы.

Не допускается во взрывоопасной среде истечение паров и газов через не плотности из аппаратов, трубопроводов, скважин, находящихся под высоким давлением, так как это вызывает сильную электризацию.

Интенсивность образования зарядов статического электричества увеличивается при наличии примесей в газовой и нефтяной струе.

Для предотвращения опасных искровых разрядов, накапливающихся на теле человека зарядов статического электричества, во взрывоопасных производствах должна быть обеспечена стекание этих зарядов на землю путем обеспечения электропроводности обуви и пола.

Пожары на промышленных предприятиях представляют большую опасность для работающих и могут причинить огромный материальный ущерб. Вопросы обеспечения пожарной безопасности производственных зданий и сооружений имеют большое значение и регламентируются специальными государственными постановлениями и решениями.

Все мероприятия пожарной безопасности можно разделить на организационные, технические, режимные и эксплуатационные.

Организационные мероприятия пожарной безопасности предусматривают правильную организацию пожарной охраны на объекте, проведение противопожарных инструктажей и технических минимумов, пропаганды и агитации, организации добровольных пожарных дружин и т.п. [14].

Во всех технологических цехах устанавливают датчики системы пожарной сигнализации о наличии в воздухе опасного количества метана, которая автоматически включает вытяжные вентиляторы и выдает световой и звуковой сигналы.

Технические мероприятия включают строгое соблюдение правил, норм и ГОСТов при проектировании зданий и сооружений, при устройстве электросетей, электроустановок, оборудования, отопления, вентиляции, освещения и др. Не допускается загромождение различным оборудованием и машинами дорог, проездов, лестничных клеток и коридоров, ведущим к первичным средствам пожаротушения и связи.

К мероприятиям режимного характера относятся меры по запрещению курения и применения открытого огня в недозволенных местах, меры пожарной безопасности при проведении огневых работ и т.п.

Эксплуатационными мероприятиями являются своевременные профилактические осмотры, испытания и ремонты технологического, вспомогательного и инженерного оборудования (электросетей, электроустановок, отопления, вентиляции и т.п.).

Согласно Федеральному закону от 22.07.2013 г. №123 [22] пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты.

На установке комплексной подготовки газа предусмотрено наружное пожаротушение, с использованием водонапорной сети диаметром 159,5 миллиметров и незамерзающих пожарных гидрантов. Напор воды, создается с помощью стационарных насосных установок, имеющих на насосной станции.

Были разработаны инструкции о мерах пожарной безопасности, для всех без исключения цехов, лабораторий и иных помещений. Все помещения обязаны быть укомплектованы средствами пожаротушения, а также пожарным инвентарем, который предусмотрен действующим нормативом. В качестве средств пожаротушения рекомендуется применять пар, воду, углекислый газ,

песок, химические порошки в соответствии с технологическими требованиями. Запрещается использование противопожарного оборудования для иных целей.

Установка подготовки нефти полностью герметизирована и исключает при нормальной эксплуатации выбросы в атмосферу и на почву.

Емкостное оборудование выбрано на условное давление, превышающее рабочее, каждый аппарат оснащен предохранительными клапанами (рабочим и резервным).

Материальное исполнение оборудования соответствует климатическим условиям эксплуатации.

На резервуаре, для обеспечения его целостности, установлены дыхательный и предохранительный клапаны с огнепреградителями.

На всех аппаратах, выходных коллекторах насосов предусмотрена установка манометров, обеспечивающих контроль за работой в системе, в т.ч. автоматический.

Предусмотрено внутреннее и наружное антикоррозионное покрытие аппаратов.

Толщина стенки аппаратов и трубопроводов выбрана с учетом прибавки на коррозию.

На основных потоках УКПГ установлены электроприводные задвижки, позволяющие отключать аварийные участки в короткий срок.

Системой автоматики предусмотрен контроль за соблюдением основных технологических параметров процесса, сигнализация о нарушениях.

В процессе эксплуатации должен быть обеспечен своевременный планово-предупредительный ремонт всего оборудования.

Важную роль по предупреждению аварий играют меры по организации постоянного и тщательного надзора за исправностью арматуры, а также за своевременным и высококачественным проведением ревизии и ремонта.

Для предупреждения развития аварий проектом предусмотрен автоматический контроль, индикация и сигнализация предельных значений параметров, влияющих на безопасное ведение технологического процесса.

5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Рабочая смена составляет 12 часов. Контроль за работой оборудования должен происходить всегда, то есть работы проводятся в две смены. Запрещен допуск к работе женщин и подростков, также сотрудников, не имеющих допуск к работе с сосудами под давлением. Согласно коллективному договору общества.

Каждому работнику в обязательном порядке выдается 2 комплекта спецодежды. Оператор ТУ может устранять мелкие неполадки в работе установки, но запрещается допуск к устранению серьезных поломок. При обнаружении таковых незамедлительно сообщить начальнику участка и вызвать бригаду ремонтников.

УКПГ снабжена новейшими системами пожарной безопасности (ПБ). Датчики перегрева, короткого замыкания и повышенного давления стоят на всех узлах, где это необходимо и сигнализируют о неполадках и выводят данные об ошибке на монитор с точным местом сбоя в системе установки. При необходимости система ПБ автоматически отключает или перекрывает узлы установки, для предотвращения аварии. Проверка системы безопасности необходима каждые три месяца [25].

За работу в ночное время и работу вахтовым методом работнику полагается надбавка согласно его месячному окладу. Также работникам предоставляется горячее питание на промысле. В случае аварии на установке и выполнения работ по ее устранению в кратчайшие сроки работнику полагается премия. При работе вахтовым методом работникам предоставляется ежегодный дополнительный оплачиваемый отпуск в порядке и на условиях, которые предусмотрены для лиц, постоянно работающих:

- в районах Крайнего Севера, - 24 календарных дня;
- в местностях, приравненных к районам Крайнего Севера, – 16 календарных дней [26].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе рассмотрены аппараты, применяемые для отделения газа от твердых частиц, и описана технологическая схема подготовки газа на М газоконденсатном месторождении.

Целью работы являлась оценка эффективности центробежной очистки газа. Данная цель достигалась путем проведения лабораторных испытаний на экспериментальном стенде. По результатам эксперимента были выявлены зависимости, что степень очистки газа увеличивается с увеличением его скорости и концентрации твердых частиц до 140 г/м^3 . Дальнейшее повышение концентрации частиц привело к обратному эффекту. Также с уверенностью можно сказать, что крупные частицы песка всегда будут улавливаться лучше, чем более мелкие.

Анализируя работу УКПГ данного месторождения, в целях поддержания ее технологического режима был предложен вариант внедрения в систему дополнительного элемента отделения механических примесей - модульной циклонной вставки. Модульная циклонная вставка может быть внедрена на разных этапах подготовки газа, но наиболее целесообразно ее использование в качестве дополнительного сепарационного элемента перед УВШ или ТДКА. Были рассчитаны средние финансовые затраты на покупку, монтаж и обслуживание оборудования модульной циклонной вставки. Они составили 1,35 млн. руб.

Кроме того, в работе изучены опасности, возникающие во время работы оператора ТУ с оборудованием, описаны меры по минимизации негативного воздействия на сотрудников и окружающую среду.

Список используемых источников

1. Кравцов А.В., Технологические основы и моделирование процессов промышленной подготовки нефти и газа: учебное пособие / Кравцов А.В., Ушева Н.В., Бешагина Е.В., Мойзес О.Е.; Томский политехнический университет. - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. - 126 с.
2. Земенков Ю.Д., Сбор и подготовка нефти и газа / Земенков Ю.Д., Маркова Л.М., Прохоров А.Д., Дудин С.М. - М.: Академия. 2009. – 160 с.
3. Закожурников, Ю.А. Подготовка нефти и газа к транспортировке / Ю.А. Закожурников // Учебное пособие. – «Ин-Фолио». – В.: – 2010. – 176 с
4. Орлов П. В., Халеев Е. Ю., Фильтр СОиФ - простое решение ваших задач// Газовая промышленность: науч. журнал/ 2013. №. 11. С 50-51.
5. Международный стандарт ICCSR 26000:2001;
6. СТО Газпром 089-2010 Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам;
7. СанПиН 2.2.4.3359-16 "Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах";
8. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
9. ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования;
10. ГОСТ 12.4.034-2001 (ЕН 133-90) ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка;
11. ГОСТ Р 12.1.009-2009 ССБТ. Электробезопасность. Термины и определения;
12. ГОСТ 12.2.062-81. Оборудование производственное. Ограждения защитные;
13. ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности;
14. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования;

- 15.ГОСТ Р 50462-09. "Базовые принципы и принципы безопасности для интерфейса "человек-машина", выполнение и идентификация. Идентификация проводников посредством цветов или буквенно-цифровых обозначений";
- 16.Крепша Н.В., Свиридов Ю.Ф. «Безопасность жизнедеятельности»: Учебное пособие – Томск: Издательство ТПУ, 2003-144с.;
- 17.ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
- 18.ГОСТ 12.1.008-76 ССБТ. Биологическая безопасность. Общие требования;
- 19.ГОСТ Р 12.4.236-2011 ССБТ. Одежда специальная для защиты от пониженных температур. Технические требования;
- 20.ГОСТ Р 12.4.296-2013 ССБТ. Одежда специальная для защиты от вредных биологических факторов (насекомых и паукообразных). Общие технические требования;
- 21.РД 34.21.122-87 Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений;
- 22.Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности»;
- 23.Панов, Г. Е. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности / Г. Е. Панов, Л. Ф. Петрашин, Г. Н. Лысяный. – М.: Недра, 1996. – 234 с.
- 24.СТО Газпром 2-2.3-385-2009 Порядок проведения технического обслуживания и ремонта трубопроводной арматуры;
- 25.СП 5.13130.2009 «Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования»;
- 26.Трудовой кодекс РФ глава 47 статья 302.