

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль подготовки Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Эксплуатация эжекторов на установках комплексной подготовки газа
УДК 621.694.2:622.279.8

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е41	Баранов Александр Александрович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Васенин Сергей Сергеевич	-		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Черепанова Наталья Владимировна	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Штейнле Александр Владимирович	к.м.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Брусник Олег Владимирович	к.п.н.		

Запланированные результаты обучения по ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
P1	Применять глубокие естественнонаучные, математические и инженерные знания для разработки оборудования нефтяных и газовых промыслов.	Требования ФГОС (ПК-19, ПК-20, ПК-23), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P2	Применять глубокие знания в области современных технологий нефтегазового производства для решения междисциплинарных инженерных задач.	Требования ФГОС (ПК-16, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.2, п. 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P3	Ставить и решать инновационные задачи инженерного анализа, связанные с разработкой и эксплуатацией нефтегазопромыслового оборудования, с использованием системного анализа и моделирования объектов и процессов нефтегазового производства.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3; ПК-10; ОК-2, ОК -6), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2; п. 5.2.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование нефтяных и газовых промыслов, конкурентоспособных на мировом рынке машиностроительного производства.	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-6; ПК-9);
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных технологий нефтегазового производства.	ПК -23, ПК-26), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.3; п. 5.2.8), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать нефтегазопромысловое	Требования ФГОС (ПК-19; ПК-20; ПК-21, ПК-24, ОК-6; ОК-7), Критерий 5 АИОР (п.

	оборудование, обеспечивать его высокую эффективность работы, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на нефтегазовом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	5.2.4; п. 5.2.6; п. 5.2.7), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
Универсальные компетенции		
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности.	Требования ФГОС (ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-13), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.1; п. 5.2.12), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-9; ПК-7, ПК-25), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.2; п. 5.2.13), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-5; ОК-Ю; ПК-6, ПК-17, ПК-18), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.11), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития.	Требования ФГОС (ПК-22, ОК-7), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.4, п. 5.2.5; п. 5.2.12), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 5.2.6; п. 5.2.15), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль подготовки Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
Отделение нефтегазового дела

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
_____ О.В. Брусник
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

БАКАЛАВРСКОЙ РАБОТЫ

Студенту:

Группа	ФИО
4E41	Баранову Александру Александровичу

Тема работы:

Эксплуатация эжекторов на установках комплексной подготовки газа	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	10.01.2018 / №34/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:

	05.06.2018
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Пакет технической, технологической, информации по технологиям эксплуатации эжекторов. Технологический регламент установки по подготовке газа к транспорту на установке низкотемпературной сепарации, нормативные документы, фондовая и периодическая литература по направлению «Нефтегазовое дело»
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<ol style="list-style-type: none">1. Аналитический обзор литературных источников с целью выявления современных методов решения поставленной задачи;2. Расчет параметров эжектора на установках комплексной подготовки газа

	3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 4. Социальная ответственность; 5. Заключение по работе;
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения	Черепанова Н.В., к.ф.н.
Социальная ответственность	Штейнле А.В., к.м.н.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
-	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	22.01.2018
---	-------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Васенин С.С.	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е41	Баранов А.А.		

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

Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование
Профиль подготовки Машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов
Отделение нефтегазового дела
Уровень образования: Бакалавриат
Период выполнения: весенний семестр 2017/2018 учебного года

Форма представления работы:

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2018
--	------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
10.03.2018	<i>Объект и методы исследования. Разработка модели.</i>	50
02.04.2018	<i>Выполнение расчетной части работы.</i>	40
30.05.2018	<i>Устранение недочетов в работе.</i>	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Васенин С.С.	-		

СОГЛАСОВАНО:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Брусник О.В.	к.п.н.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 83 страницы, 26 таблиц, 8 рисунков, 36 источников литературы.

Ключевые слова: установка комплексной подготовки газа, эжектор, низкотемпературная сепарация, попутный нефтяной газ, промышленная подготовка

Объектом исследования является эксплуатация эжекторов на УКПГ в схемах с методом НТС.

Цель работы – произвести анализ параметров, при которых установка эжектора будет обоснована и выгодна. Произвести расчет основных параметров эжектора.

В результате выполнения работы были исследованы условия эксплуатации, рассмотрены проблемы утилизации ПНГ, рассмотрены и сравнены типовые схемы УКПГ, рассчитаны параметры газового эжектора.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Office 2010 Proofing Tools, а также в графическом редакторе КОМПАС-3D v16.

Нормативные ссылки

В данной выпускной квалификационной работе использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 27409-97. Нормирование шумовых характеристик стационарного оборудования.

ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности.

ГОСТ 12.1.010-76 ССБТ. Взрывобезопасность. Общие требования.

ГОСТ 12.1.011-78 ССБТ. Смеси взрывоопасные. Классификация и методы испытаний.

ГОСТ 12.4.011-89 ССБТ. Средства защиты работающих. Общие требования и классификация.

ГОСТ 5542-87. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.

ГОСТ 15150-69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды.

ГОСТ 16350-82. Районирование и статистические параметры климатических факторов для технических целей.

ГОСТ Р 51330.5-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 4. Метод определения температуры самовоспламенения.

ГОСТ Р 51330.9-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 10. Классификация взрывоопасных зон.

ГОСТ Р 51330.11-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 12. Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам.

ГОСТ 17.2.1.03-84. Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения.

ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.

РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений.

ОСТ 51.40-93. Газы горючие природные, поставляемые и транспортируемые по магистральным газопроводам. Технические условия.

ПОТ РМ-016-2001. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок (с изменениями и дополнениями).

СНиП 21-01-97. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Госстрой России, 1997. – с. 12.

СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы.

СНиП 2.01.07-85. Нагрузки и воздействия.

СНиП 3.05.07-85. Системы автоматизации.

СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.

СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты внутренний противопожарный водопровод требования пожарной безопасности.

СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.

СН 433-71, ВНТП 01-81. Нормы технологического проектирования.

СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

Сокращения

ДЭГ – диэтиленгликоль

НТС – низкотемпературная сепарация

НТА – низкотемпературная абсорбция

УКПГ – установка комплексной подготовки газа

НТА – низкотемпературная абсорбция

ГПЗ – газоперерабатывающий завод

СОГ – сухой отбензиненный газ

ТДА – турбодетандер

ПНГ – попутный нефтяной газ

ННГ – низконапорный газ

ВНГ – высоконапорный газ

ГПЗ – газоперерабатывающий завод

ШФЛУ – широкая фракция легких углеводородов

АВО – аппарат воздушного охлаждения

ДВК – дозрывная концентрация

БКС ННГ – блочная компрессорная станция низконапорных газов

Определения

В данной выпускной квалификационной работе были использованы следующие термины с соответствующими определениями.

Дроссель — местное сопротивление (вентиль, кран и т.д.).

Турбодетандер — устройство, преобразующее потенциальную энергию газа в механическую энергию. При этом газ, совершая работу, охлаждается.

Сепаратор — аппарат, производящий разделение продукта на фракции с разными характеристиками.

Метанол — используется в газовой промышленности для борьбы с образованием гидратов (из-за низкой температуры замерзания и хорошей растворимости).

Гидратообразование — это процесс, возникающий при падениях температуры и давления, что влечет за собой уменьшение упругости водяных паров и влагоемкости газа, а, вследствие чего - образование гидратов.

Энтальпия — термодинамическое свойство вещества, которое указывает уровень энергии, сохраненной в его молекулярной структуре.

Энтропия — функция состояния термодинамической системы, характеризующая направление самопроизвольных процессов в этой системе и являющаяся мерой их необратимости.

Адиабатный процесс — это процесс, происходящий без теплообмена системы с окружающей средой, т.е. $Q = 0$. Это значит, что при адиабатном процессе система может выполнять работу над внешними телами только за счет убыли своей внутренней энергии.

Газопровод — трубопровод, предназначенный для транспорта газа.

Газопровод магистральный — комплекс производственных объектов, обеспечивающих транспорт природного или попутного нефтяного газа, в состав которого входят одноконтурный газопровод, компрессорные станции, установки дополнительной подготовки газа (например, перед морским

участком), участки с лупингами, переходы через водные преграды, запорная арматура, камеры приема и запуска очистных устройств, газораспределительные станции, газо-измерительные станции, станции охлаждения газа.

Сеть — это система трубопроводов, фасонных частей, проточных частей, и запорно-регулирующих устройств, предназначенных для целенаправленного пере-мещения рабочего агента.

Давление рабочее — устанавливаемое проектом наибольшее избыточное внутреннее давление, при котором обеспечивается заданный режим эксплуата-ции газопровода.

Аппараты воздушного охлаждения (АВО) — это система теплообменного устройства, специализирующаяся на охлаждении жидкостей и газа.

Критическая скорость — скорость течения среды, равная местной скорости звука в данной среде

Эжектор — гидравлическое устройство, в котором происходит передача кинетической энергии от одной среды, движущейся с большей скоростью, к другой.

Сопло — канал переменного поперечного сечения, предназначенный для разгона жидкостей или газов до определенной скорости и придания потоку требуемого направления.

Диффузор — часть канала (трубы), в которой происходят замедление (расширение) потока и увеличение давления.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	15
1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	17
2. Попутный нефтяной газ	20
2.1 Экологический ущерб от сжигания ПНГ.....	20
2.2 Состав и физико-химические свойства.....	22
2.3 Способы полезного использования ПНГ.....	25
3. СБОР И ПОДГОТОВКА ГАЗА И ГАЗОВОГО КОНДЕНСАТА	27
3.1 Способы обработки газа.....	27
3.2 Эжектор.....	30
3.3 Метод НТС.....	33
3.4 Сравнение схем подключения УКПГ.....	36
4. РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ ЭЖЕКТОРА	39
4.1 Расчет критических скоростей для эжектируемого и рабочего потоков.....	40
4.2 Определение коэффициента эжекции.....	41
4.3 Определение энтальпии сжатого потока и КПД эжектора.....	44
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	47
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности.....	47
5.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	52
5.3 Определение ресурсоэффективности проекта.....	58

6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	63
6.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности.....	64
6.2 Экологическая безопасность.....	73
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	75
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности....	78
Заключение	79
Список использованных источников.....	80

Введение

В мире все чаще и чаще люди задумываются о важности сохранения экологии. Мировое сообщество объединяет свои усилия и накопленный опыт, чтобы ликвидировать те катастрофы, что уже успели нанести непоправимый ущерб природе. С ходом времени находят решения этих проблем, но для сохранения нашей планеты этого недостаточно, не менее важной задачей является предупреждение аварий, в том числе и аварий присущих нефтегазовой отрасли.

Один из актуальных вопросов нефтегазового комплекса это добыча и полезное использование ПНГ, который является стратегически важным сырьевым ресурсом и во многом определяет промышленный и экономический потенциал страны.

Помимо того что утилизация ПНГ означает уничтожение ценных не возобновляемых природных ресурсов, его сжигание в факелах вносит существенный вклад в объем всех мировых выбросов парникового углекислого газа.

Несмотря на то, что сжигание ПНГ на факелах наблюдается по всему миру, наибольшие объёмы такого сжигания приходятся на двадцать стран, лидерами среди которых выступают Россия и Нигерия, что подчёркивает неотложность решения данной проблемы.

Основные причины масштабного сжигания значительной части ПНГ в России имеют технический, экономический и организационно-институциональный характер.

Ежегодно объёмы сжигания природного газа достигают порядка 140 млрд. м³, что почти равнозначно трети от объёмов потребления газа в Евросоюзе. Эффект от сокращения выбросов двуокиси углерода, вызванных сжиганием газа на факелах был бы эквивалентен прекращению эксплуатации около 70 миллионов автомобилей, что позволило бы смягчить последствия изменений климата.

Эксплуатация эжекторов позволит не только бороться с проблемой сжигания ПНГ, но и будет экономически выгодна при определенных параметрах месторождения.

Стоит отметить, что и метод НТС, при котором происходит эксплуатация эжекторов, обладает многими преимуществами по сравнению с альтернативными способами подготовки газа и газового конденсата.

Актуальность работы: Использование эжекторов на УКПГ позволит значительно повысить безотказность работы и избежать проблем, возникающих при эксплуатации альтернативных устройств. В частности ввод эжекторов, позволит решить ряд проблем связанных с монтажом, обслуживанием, эксплуатацией УКПГ и сжиганием попутного нефтяного газа.

Цель работы: Произвести анализ параметров, при которых установка эжектора будет обоснована и выгодна. Произвести расчет параметров эжектора.

Задачи исследования:

- Рассмотрение проблемы утилизации ПНГ.
- Рассмотрение различных схем установок комплексной подготовки газа, их сравнение.
- Расчет основных параметров эжектора.

1. Обзор литературы

При написании выпускной квалификационной работы были задействованы различные источники, среди которых есть учебные пособия, магистерские диссертации, справочники, статьи.

Проанализирована схема устройства, принцип работы, физические явления лежащие в основе работы и особенности конструкции эжектора. В основе этого изучения лежат труды ученых и конструкторов, Кобилов Х. Х., Гойибова Д. Ф., Назарова А. П. Низкотемпературная сепарация углеводородов из природного и нефтяного попутных газов; Н.В. Бобрицкий, В.А. Юфин «Основы нефтяной и газовой промышленности».

В частности, изучены работы на схожую тематику. Например, статья на тему «Попутный нефтяной газ и проблема его утилизации», Картамышева Е.С., Иванченко Д.С., в рамках которой проведено исследование проблем связанных с утилизацией ПНГ. Отражены негативные процессы, воздействующие на экосистему, а также экономические потери при сжигании компонентов газонефтяной жидкости. Исходя из международного опыта, сформулированы основные направления полезного использования ПНГ:

- добыча и переработка газа с извлечением широкой фракции лёгких углеводородов и получением сухого газа, который направляется в газотранспортную систему (поддержание пластового давления и повышение нефтеотдачи, посредством закачки газа в продуктивный нефтяной пласт)
- использование газа в качестве сырья для технологических нужд промыслов в районах добычи и для удовлетворения местных потребностей в энергоресурсах (например, выработка электроэнергии).

Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Добыча природного газа». Справочник содержит информацию:

- о газодобывающей отрасли промышленности в Российской Федерации;
- о технологических процессах, применяемых в настоящее время на объектах добычи газа в нашей стране;

- о текущих уровнях эмиссий в окружающую среду на объектах добычи газа в Российской Федерации;
- о наилучших доступных технологиях в газодобывающей промышленности;
- о перспективных технологиях.

В частности, справочник содержит описание применяемых при переработке природного и попутного газа технологических процессов, оборудования, технических способов, методов.

Диссертация Педаш Д.С. на тему «Анализ эффективности методов подготовки природного газа в условиях крайнего севера на примере газового месторождения Каменномысское-море (ЯНАО)». В данной работе автор рассмотрел основные технологии подготовки природного газа на месторождении. Была установлена наиболее эффективная технология, где основными критериями, определяющими выбор метода стали простота и надежность при наименьших эксплуатационных и капитальных затратах. Были рассмотрены основные способы, получившие свое распространение в той или иной степени на различных месторождениях не только на территории Российской Федерации, но и во всем мире, в частности, рассмотрен метод НТС с использованием дросселя и ТДА.

Так же статья «Анализ эффективности подготовки газа на северных месторождениях на примере среднетюнгского газоконденсатного месторождения (Республика Саха-Якутия)», Борисов Д.С., в которой была предложена модернизация технологической схемы подготовки газа методом НТС, для достижения низких температур и утилизации низконапорного газа выветривания нестабильного конденсата, посредством замены дросселирующего устройства на эжекторный агрегат в технологической схеме подготовки газа. Как результат, был представлен состав нестабильного конденсата при использовании дросселя и эжектора.

Научное издание «Сбор и промысловая подготовка газа на северных месторождениях России», авторами которого являются Гриценко А.И,

Истомин В.А., Кульков А.Н., Сулейманов Р.С.. Здесь представлен анализ современного состояния проблемы добычи газа на газовых и газоконденсатных месторождениях Крайнего Севера. Детально описаны основные технологические процессы промышленной подготовки газа, значительное место отведено интересующему нас методу, который задействует низкотемпературные процессы промышленной подготовки газа. Выделены отечественные и зарубежные разработки новых и перспективных технологических процессов. Отражен опыт и перспективы применения эжекторных устройств на северных месторождениях.

Так же одним из источников, используемых при расчетах, является Соколов Е.Я., Зингер Н.М., «Струйные аппараты», в котором для струйных аппаратов изложена основная теория и методика расчета, так же приведены и рассмотрены результаты экспериментальных исследований, позволяющие обосновать опытные коэффициенты и рекомендуемые расчетные зависимости. Помимо этого, здесь представлены характерные схемы и конструкции струйных аппаратов.

2. Попутный нефтяной газ

2.1 Экологический ущерб от сжигания ПНГ

До вступления в силу в России Киотского протокола, одним из пунктов которого является обеспечение максимального уровня использования ПНГ, этот газ мало кого интересовал.

Таблица 1 - Мировые лидеры сжигания ПНГ

Страна	Объём сжигания ПНГ, млрд. м ³
Нигерия	24,1
Россия	14,9
Иран	13,3
Ирак	8,6
Ангола	5,4

Как видно из Таблицы 1, Россия занимает второе место после Нигерии. Лидерство Нигерии обусловлено слабой технической и технологической развитостью добывающей отрасли. Россия сжигает ПНГ ввиду больших добываемых объемов нефти и по той же причине, что Нигерия, - слабая фондовооруженность.

Продукты сгорания ПНГ такие как окись азота, сернистый ангидрид, окись углерода и несгоревшие углеводороды являются токсичными веществами и негативно влияют на состояние всей экосистемы. Кислые продукты горения ПНГ являются причиной кислотных дождей, по статистике, в нефтедобывающих районах люди больше подвержены болезням дыхательных путей, нервной системы и онкологических заболеваний. [1]

Чтобы предотвратить загрязнение окружающей среды выбросами, образующимися при сжигании ПНГ в соответствии с постановления Правительства Российской Федерации от 8 ноября 2012 г. N 1148. вступили в

силу новые принципы расчета платы за выбросы вредных веществ образующихся при сжигании ПНГ. [2]

Таблица 2 - Повышающий коэффициент к плате за объём сожжённого ПНГ

Год	2012	2013	2014	2020
Повышающий коэффициент	4,5	12	25	100

Как видно из таблицы 2, на сегодняшний день, за превышение сжигания ПНГ на факелах свыше 5% от его добычи, применяется дополнительный повышающий коэффициент в размере 25. В 2020 году этот коэффициент возрастет до 100, таким образом, сжигание ПНГ для добывающих компаний с недавних пор стало серьезным ударом по экономике.

Так же были приняты некоторые законы, распоряжения и указ, которые в некоторой мере позволили регламентировать порядок утилизации ПНГ.

23 ноября 2009 г. был принят Федеральный закон Российской Федерации N 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [3]

С целью обеспечения безопасного и устойчивого развития Российской Федерации в условиях изменяющегося климата 17 декабря 2009 г. выходит распоряжение Президента РФ №861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации» [4]

В целях реализации Климатической доктрины РФ, 30.09.2013 г. выходит указ Президента РФ № 752 «О сокращении выбросов парниковых газов» [5]

В 2015 году в пересчете на CO₂ эквивалент выбросы метана в атмосферу составили 1430,8 тыс. т, и снизились по сравнению с 2000 годом на 83,2 тыс. т (5,5%) [6]

2.2 Состав и физико-химические свойства

Попутный нефтяной газ, или ПНГ — это газ, растворенный в нефтяной жидкости. В составе этого газа есть метан — обычный природный газ, тяжелые углеводороды и ШФЛУ, которая используется либо в качестве топлива, либо сырья для глубокой переработки.

После извлечения нефтяной жидкости из-под земли от нее отделяют все побочные элементы: воду, серу, попутный газ. Без данной операции сырую нефть, по технологическим причинам, не примут в магистральный нефтепровод. При отделении ПНГ от нефти встает вопрос его дальнейшего использования или утилизации. Бесконтрольно взять и выпустить попутный газ в воздух нельзя — он может легко воспламениться и даже взорваться.

На центральном пункте сбора, который предназначен для разделения нефтяной эмульсии на нефть, воду и попутный газ, все начинается с добавления в эмульсию специального химического реагента, который значительно ускоряет процесс отделения подтоварной воды, после этого начинается термический этап обработки углеводородной субстанции, для этого на предприятиях используют специальные печи, в печи нефть поступает уже с реагентами. После отделения воды полученную субстанцию перегоняют в специальные сепараторы, таким образом, попутный газ транспортируется в отдельные резервуары. В итоге от первоначальной эмульсии остается только нефть, которую перегоняют на приемосдаточный пункт, откуда черное золото передается в магистральный трубопровод. После разделение нефтяной эмульсии на составляющие подтоварную воду загоняют обратно в пласт, а попутный газ отправляется на УКПГ.

В некоторых случаях газ полностью растворен в нефти; этот газ эксплуатируется (добывается) вместе с ней, содержание газа колеблется в районе 200 - 400 м³ на 1 т. нефти (эту величину называют газовым фактором).

В попутных газах углеводородная фракция играет еще большую роль, чем в свободных. Конечно углеводороды составляют в попутном газе 90-98%. Лишь в 35% всех исследованных залежей их концентрация снижается ниже 90%. Таким образом, поведение газонасыщенности нефти в основном обуславливается поведением растворенных углеводородов. Тенденция к увеличению концентрации углеводородной фракции прослеживается также в попутных газах зон молодых прогибов и впадин.

Соотношение углеводородных компонентов в попутных газах существенно отличается от такового у свободных газов. В попутных газах концентрация тяжелых углеводородов соотносится с концентрацией метана, а в некоторых случаях превосходит ее. Фоновое содержание тяжелых углеводородов в попутных газах составляет 20-40%. Среди гомологов метана обычно преобладает этан, а содержание пропана и бутана резко повышен по сравнению со свободными газами.

Доля тяжелых углеводородов в попутных газах колеблется в широких пределах (от 10 до 90%). Концентрация углекислоты обычно выше, чем сероводорода. Содержание азота в попутных газах может достигать значительного количества. Так, концентрация азота в попутных газах в некоторых случаях составляет 60-70%. Однако в целом для попутных газов характерно низкое содержание азота. Более 65% всех нефтяных залежей содержат попутный газ с концентрацией азота не выше 12%. Более половины всех исследованных залежей нефти содержит попутный газ с концентрацией азота 6-25%. Интересно отметить, что рост концентрации азота в попутном газе сопровождается увеличением доли тяжелых углеводородов. При увеличении средней концентрации азота в попутном газе с 8,4 до 30,2% отмечается рост доли тяжелых углеводородов с 12 до 78%.

Содержание гелия в нефти колеблется в широких пределах - от 0,03 до 326 мл/л, а упругость - от 0,008 до 10 кгс/см². При этом фоновые значения

этих параметров составляют соответственно 6-25 мл/л и 0,025-0,4 кгс/см². При увеличении глубины залегания нефти упругость гелия растет.

Физико-химические свойства этих смесей зависят от целого ряда внешних и внутренних условий. К внешним условиям следует отнести пластовые температуры и давления, поскольку ясно, что две смеси одинакового состава могут резко отличаться друг от друга по своим свойствам, если они находятся в резко отличных пластовых условиях. К внутренним условиям относятся: а) химический состав газовой смеси, то есть пропорции, в которых смешаны составляющие ее компоненты; б) свойства этих компонентов в чистом состоянии при данных температуре и давлении; в) отклонение свойств этих компонентов в смеси от их свойств в чистом состоянии, обусловленные взаимным влиянием компонентов друг на друга.

По данным NOAA (the National Oceanic and Atmospheric Administration) в мире ежегодно сжигается 150-170 млрд. м³ попутного газа. Потери от невовлеченности такого объема в переработку составляют около 40 млрд. долл. / год. Кроме того, негативным последствием сжигания ПНГ являются выбросы около 400 млн. т. CO₂ / год.

Согласно официальной статистике, в России ежегодно сжигается от 13 до 30 млрд. м³ попутного газа. По оценкам Минпромэнерго РФ, в 2004 г. в составе попутного газа на факельных установках было сожжено 7,1 млн. т этана; 4,1 млн. т пропана; 2,6 млн. т бутана; потеряно 13 млн. м³ гелия. [7]

В настоящее время на государственном уровне проводятся мероприятия по решению проблемы утилизации попутного нефтяного газа, включающие:

- совершенствование законодательной базы;
- увеличение экологических штрафов за выбросы продуктов горения при сжигании ПНГ.

В связи с этим разрабатываются и реализуются программы по повышению уровня утилизации ПНГ, учитывающие экологические требования правительств и экономические возможности нефтедобывающих компаний.

2.3 Способы полезного использования ПНГ

На данный момент существует несколько наиболее эффективных и безопасных способов использования ПНГ.

Один из таких способов – это закачка газа в подземные горизонты. После отделения от нефтяной жидкости, ПНГ собирается и направляется на газовые кусты, откуда вместе с другими примесями происходит закачка в нефтяной пласт. Поддержание пластового давления способствует сохранению объемов добываемой нефти и ее качества.

Так же небольшие объемы ПНГ можно направить в магистральный газопровод для продажи потребителям в составе обычного природного газа. Однако закачка ПНГ в газотранспортную сеть связана с рядом технологических ограничений:

Поток природного газа должен существенно превышать объем инжектируемого ПНГ (в 20 – 50 раз).

ПНГ должен быть осушен, первично очищен от аэрозолей, сероводорода, меркаптанов и большей части тяжелых углеводородов.

Помимо этого ПНГ может использоваться в качестве топлива для выработки электроэнергии непосредственно на нефтяных месторождениях или поблизости от них. Все это способствует решению двух задач: удешевлению производства электроэнергии; снижению уровня выбросов вредных веществ в атмосферу.

Данные технологии обуславливают наличие перерабатывающих и транспортных мощностей, что накладывает определенную инвестиционную нагрузку на начальном этапе разработки месторождения. Это касается тех

случаев, при которых нефтедобыча ведется в труднодоступных регионах со сложными условиями.

3. Сбор и подготовка газа и газового конденсата.

3.1 Способ обработки газа

Существует несколько схем сбора газа и газового конденсата на промыслах - линейная, кольцевая и групповая, выбор которых зависит от геологических условий, свойств продукции, способа подготовки газа и газового конденсата к транспортировке, потребностей потребителей и др. Все газовые скважины соединяются с Газосборный коллекторами с помощью газопроводов-шлейфов.

Газосборные коллекторы соединяют газопроводы-шлейфы с установками комплексной подготовки газа (УКПГ). Несколько УКПГ соединяют между собой соединительными газопроводами. Наибольшее применение на новых газовых и газоконденсатных месторождениях получила централизованная система сбора. Газ и газовый конденсат от группы скважин индивидуальными газопроводами-шлейфами поступает на УКПГ, а затем после подготовки на каждой УКПГ - в Газосборный коллектор и на главные сооружения. Ранее использовали индивидуальные системы сбора газа, они надежны, но не экономичны. Сейчас система сбора и подготовки газа включает: установку предварительной подготовки газа, УКПГ и главные сооружения. [8]

Одной из важнейших задач при транспортировке природного газа является оценка его качества, в частности по показателю влажности. Под понятием «качество природного газа» понимают соответствие его состава определенным значением его основных характеристик, таких как теплотворная способность, содержание влаги и наличие коррозионно-активных компонентов (сероводород, углекислый газ и т. д.). [9]

Первичная подготовка природного газа, после его добычи, осуществляется на промышленных УКПГ (рисунок 1). Основной целью УКПГ является обработка добытого природного газа до определенного уровня качества для обеспечения эффективного и безаварийного

транспортировки его магистральными газопроводами. На практике наиболее распространены следующие средства или технологические процессы обработки газа:

- низкотемпературная сепарация (НТС)
- абсорбция;
- адсорбция.



Рисунок 1 – Установка комплексной подготовки газа

Выбор способа обработки газа зависит от ряда факторов: количества фракций и компонентов углеводородного ряда; содержания влаги (в виде паров и свободной влаги) содержания неуглеводородных компонентов, таких как соли, сероводород, углекислота; климатических условий дальнейшей транспортировки газа; запасов газа на месторождении, его давления и температуры на устье скважины и ряда других факторов.

Последние широко используют для отделения влаги на газовых месторождениях. При наличии в газе конденсата (на севере) широко используют НТС, а при содержании конденсата больше 100 см^3 в 1 м^3 газа используют также НТА. При повышенном содержании сероводорода и углекислоты производится дополнительная очистка на специальных установках, а на крупных месторождениях на ГПЗ.

Абсорбция - явление поглощения влаги и конденсата жидкостями - абсорбентами (водные растворы ди- и три-этиленгликолей). Для извлечения тяжелых углеводородов из конденсата в качестве адсорбентов используют углеводородные жидкости. Для осуществления абсорбции используют абсорбционные колонны, состоящие из трех секций - сепарационная, поглощающая (абсорбционная) и отбойная. Абсорбент поступает в верхнюю часть колонны и движется сверху вниз по колонне абсорбера, то есть в противоположном направлении (снизу вверх) и контактирует с абсорбером. В поглощающей секции абсорбера происходит основной процесс поглощения влаги абсорбентом. Осушенный газ выходит из верхней части абсорбера, а насыщенный влагой раствор ДЭГ - с нижней части абсорбера, затем поступает в печь для удаления воды. [10]

Адсорбция основана на поглощении влаги твердыми адсорбентами (активированный уголь, силикагель, цеолиты). Насыщенные водой и конденсатом адсорбенты регенерируют в результате десорбции (удаление поглощенной влаги).

Адсорбционная установка состоит из двух или более колонн-адсорберов. Когда один из сепараторов работает в режиме адсорбции (сырой газ проходит в аппарате через слой адсорбента, где он очищается от влаги и конденсата), то другие - в режиме десорбции (нагрев газа в нагревателях к $200 - 300^{\circ}\text{C}$, подача его в колонну, прохождение его через слой адсорбента, насыщенного влагой и конденсатом, поглощение газом влаги и конденсата и вывода их за пределы колонны). Затем цикл повторяется. Адсорбционные методы осушки газа по сравнению с абсорбционными позволяют провести более глубокую очистку газа от влаги со снижением точки росы (насыщения водным паром) до -50°C и ниже, поэтому применяются на газовых месторождениях Севера. При достижении точки росы в газе начинает конденсироваться влага, приводит к образованию гидратов. На месторождениях с повышенным содержанием сероводорода газ перед

поступлением в магистральные газопроводы очищается, посредством абсорбционных методов:

1. За счет растворения сероводорода в абсорбенте (ацетон, трибутилфосфат).

2. За счет физического растворения и одновременного протекания химических реакций взаимодействия вещества-абсорбента с сероводородом (смесь растворитель-сульфанола и химический поглотитель - диизопропаноламин и вода).

3. Абсорбция газов при их взаимодействии с химически активной частью абсорбента (моноэтаноламин, диэтаноламин, триэтаноламин).

В практике очистки газа от сероводорода и углекислого газа наибольшее применение получил последний метод. При этом газ в абсорберах движется снизу вверх и взаимодействует со встречным потоком водного раствора моноэтаноламин, или диэтаноламин. [11]

Стоит отметить, что обработку газов газоконденсатных месторождений с целью извлечения из газа чрезмерного количества компонентов углеводородного ряда и влаги в капельном состоянии, наиболее целесообразно проводить на установках НТС. Методу НТС будет посвящена отдельная глава.

3.2 Эжектор

Эжектор – разновидность струйного насоса, в котором за счет создаваемого разрежения и поверхности рабочего потока, увлекается низконапорный поток, смешиваясь в смесительной камере с высоконапорным потоком. Эжектор имеет широкую область применения, одна из таких областей, это полезное использование ПНГ, путем возвращения его в рабочий поток.

Ниже будут представлена принципиальная схема эжектора (рисунок 2), принцип работы газового эжектора (рисунок 3).

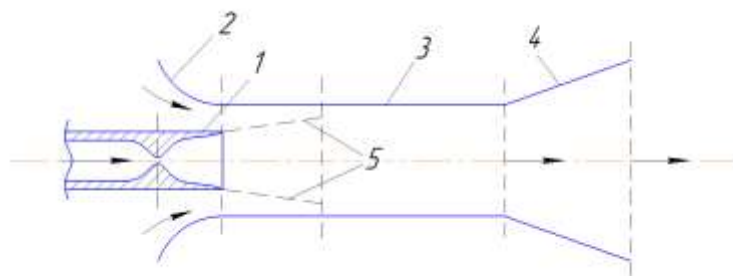


Рисунок 2 – Принципиальная схема эжектора с цилиндрической камерой смешения: 1 – сопло для высоконапорного газа; 2 – сопло для низконапорного газа; 3 – камера смешения; 4 – диффузор; 5 – граница струй.

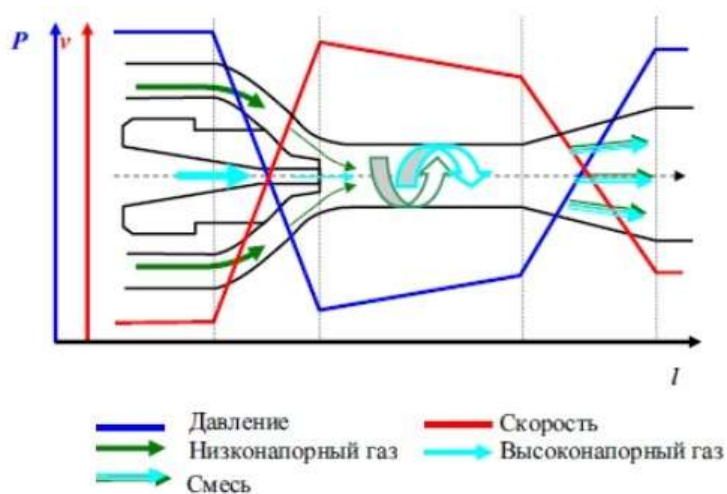


Рисунок 3 – Принцип работы эжектора

Эжектор, как и дроссель, работает на принципе изоэнтальпийного расширения газа. Газ в эжекторе резко охлаждается за счет падения давления.

Основные достоинства – простота конструкции и исключительная надежность в работе, это и предопределило высокую степень востребованности их практически во всех отраслях промышленности, как самостоятельных, либо как вспомогательных устройств. Несмотря на малый КПД эжекторов, вряд ли можно найти устройство менее сложное и более удобное в эксплуатации, чем газовый эжектор.

Считается, что резкой границы между струями газов нет, а имеется некоторый граничный слой постепенного перехода от параметров высоконапорного газа к параметрам низконапорного.

Примечательным является факт, показывающий, что применение сверхзвукового сопла для эжектирующего газа улучшает характеристики эжектора в сравнении с применением сопел для газов со звуковыми скоростями. Весьма полезным является исследование влияния длины камеры смешения на работу эжектора. Установлено, что для эжектора с периферийной подачей высоконапорного газа длина камеры смешения, обеспечивающая эффективность эжектора, близкую к расчетной, составляет не более 4-5 ее диаметров. [12]

Другой полезный результат исследования свидетельствует о том, что коническое периферийное сопло позволяет уменьшить его длину, а это немаловажно при больших числах Маха эжектирующего газа. Кроме того, показано, что длина камеры смешения, равная пяти ее калибрам, вполне достаточна для эффективной работы эжектора. [13]

К нашему времени была исследована серия эжекторов с сужающимися коническими камерами смешения (рисунок 4) и показано, что переход от цилиндрической камеры смешения к конической позволяет повысить величину относительной плотности до 35%. Однако этот результат едва ли может быть распространен на весь практически используемый диапазон ключевых параметров эжекторов. В противном случае все вновь проектируемые эжекторы были бы выполнены с конической камерой смешения. [14]

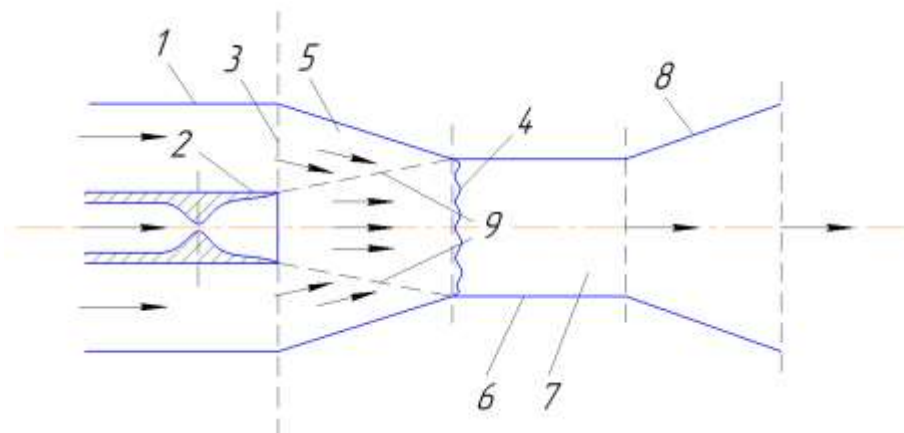


Рисунок 4 - Принципиальная схема с суживающейся камерой смешения: 1- подводящий участок; 2 – сопло для высоконапорного газа; 3 – сопло для низконапорного газа; 4 – прямой скачок; 5 – начальный участок; 6 – горловина; 7 – выходной участок; 8 – диффузор; 9 – граница струй.

Именно такая схема эжектора получила в последнее время распространение в общепромышленной сфере.

Наиболее выгодным режимом работы эжекторы с цилиндрической камерой смешения и со сверхзвуковым и дозвуковым соплами является режим запирания, который представляет собой условие оптимальности эжектора.[15]

Критический режим, когда скорость на выходе из камеры смешения становится сверхзвуковой

Режимами запирания эжектора являются критические режимы, при которых на входе в горловину скорость смеси газов – сверхзвуковая и лишь в пределе может стать звуковой. При этом коэффициент эжекции становится максимально возможным для критических режимов.

3.3 Метод НТС

Один из наиболее простых методов получения холода на УКПГ по праву считается изоэнтальпийное расширение газа. Данный способ осуществляется при помощи дроссельных устройств или эжекторов, о сравнении которых будет говорить позже.

Методом НТС является очень распространенным в практике промышленной обработки газа. Именно этот способ лежит в основе технологической схемы, по которой работают большинство УКПГ. Низкотемпературную сепарацию, как правило, применяют для промысловой подготовки газа газоконденсатных месторождений.

Процесс НТС заключается в охлаждении природного газа в сепараторе с целью разделения многокомпонентной смеси, поступающей из скважины, на жидкую и газовую фазы. В результате этого с газа изымаются

углеводородные фракции и вода в жидком состоянии, а значит, уменьшается их содержание в товарном природном газе использования его избыточного давления при снижении его значения на дросселях, эжекторах или ТДА. Для предотвращения процессов гидратообразования в теплообменники вводят ингибиторы гидратообразования (гликоли или метанол). В случае применения метанола в системе сбора следует предусматривать мероприятия, позволяющие выделять из газа метанольную воду и направлять ее на утилизацию. [16]

Эффективность работы установок НТС зависит от состава газа, давления и температуры процесса сепарации, количества ступеней сепарации, характеристик оборудования и тому подобное. Значение температуры, до которой охлаждается газ, выбирается с целью обеспечения транспортировки газа в однофазном состоянии и максимального извлечения углеводородных компонентов в жидком состоянии. Кроме того, эффективность использования низкотемпературной сепарации газа зависит от начального давления и темпов его падения при эксплуатации месторождений.

Метод НТС характеризуется низкими капитальными вложениями, но при этом такой способ позволяет эффективно готовить газ к транспорту, так же основными преимуществами таких схем является высокая надежность в работе и меньшая металлоемкость. Эффект снижения давления струи газа или жидкости в процессе протекания через сужение называется дросселированием. Процесс расширения газа путем дросселирования является необратимым. В дроссельных холодильных циклах используется эффект Джоуля — Томсона. Эти циклы достаточно эффективны при больших перепадах давления на дросселе. [11]

Низкотемпературная сепарация осуществляется по следующей схеме. Газ из скважины по шлейфу проходит (рисунок 5) через сепаратор первой ступени (для предварительного отделения жидкости, выделившейся

в подъёмных трубах и шлейфе), затем поступает в газовый теплообменник, где охлаждается встречным потоком отсепарированного холодного газа. После теплообменника газ, проходя через штуцер (эжектор), редуцируется до давления максимальной конденсации (или близкого к нему), температура его при этом снижается (за счёт дроссель-эффекта). В сепараторе вследствие изменения термодинамических условий и снижения скорости газового потока выпадают конденсат и влага, которые, накапливаясь в конденсатосборнике, периодически выпускаются в промышленный сборный коллектор-конденсатопровод и далее на узел стабилизации конденсата. [17]

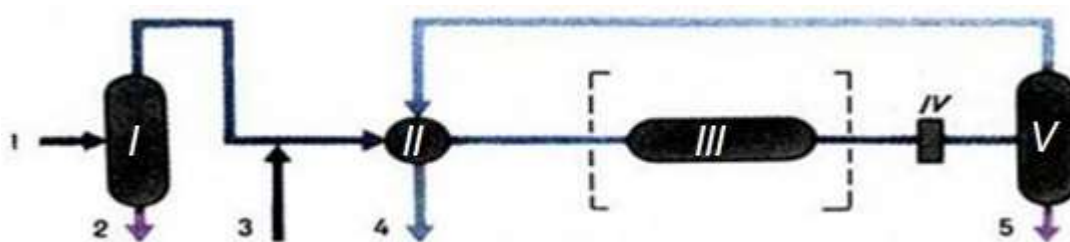


Рисунок 5 — Технологическая схема установки низкотемпературной сепарации газа: I — сепаратор первой ступени; II — газовый теплообменник; III — испаритель-холодильник; IV — штуцер; V — низкотемпературный сепаратор; 1 — необработанный газ; 2 — смесь углеводородного конденсата и воды; 3 — ингибитор гидратообразования; 4 — обработанный газ; 5 — смесь углеводородного конденсата и насыщенного водой ингибитора гидратообразования.

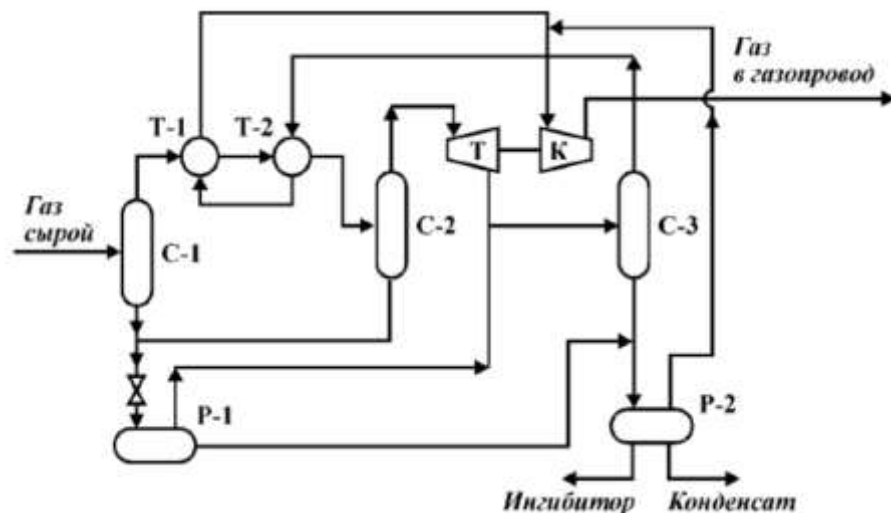


Рисунок 8 – принципиальная схема УКПГ с ТДА: С – сепараторы; Т-1, Т-2 – теплообменники; Т – турбодетандер; К – компрессор; Р – разделители жидкости.

Относительно ТДА эжектор выигрывает при условии, если месторождение характеризуется высоким пластовым давлением. Так же ТДА обладает такими недостатками, как большие затраты на электроэнергию, сложные условия эксплуатации, стоимость, занос твердых частиц в лопатки колеса ТДА, повышенные вибрации ротора и вала ТДА, уязвимость подшипниковых узлов с масляной смазкой и в целом проблемы со смазкой.

Стоит отметить, что известны схемы, где помимо индивидуальной эксплуатации эжектора на УКПГ, он, так же как и ТДА, может устанавливаться в паре с компрессором, что позволяет продлить экономически эффективный период разработки газового месторождения, отпадает необходимость в строительстве дополнительной компрессорной станции и дополнительного АВО сырого газа.

4. РАСЧЕТЫ ПАРАМЕТРОВ ЭЖЕКТОРА

Таблица 4 – исходные данные

Наименование	Обозначение	Размерность	Величина
Давление рабочего потока	P_p	МПа	0.6
Давление эжектируемого потока	$P_э$	МПа	0.0054
Давление смешанного потока	P_c	МПа	0.031
Расход смешанного потока	G_c	кг/с	2.3
Показатель адиабаты	k		1.33
Критическое отношение давлений	Π_*		0.579
Отношение площадей поперечных сечений конической части камеры смешения	β		2
Температура окружающей среды	T_{oc}	К	300
Степень точности		%	0.5
Скоростные коэффициенты			
Для рабочего сопла	φ_1		0.95
Для диффузора	φ_2		0.975
Для входного участка камеры смешения	φ_3		0.9
Для выходного участка камеры смешения	φ_4		0.925
Термодинамические параметры потоков			
Рабочий поток	ν_p	м ³ /кг	0.32
	i_p	кДж/кг	2756
	s_p	кДж/(кг К)	6.76
Эжектируемый поток	$\nu_э$	м ³ /кг	26.4
	$i_э$	кДж/кг	2564
	$s_э$	кДж/(кг К)	8.35
Смешанный поток	ν_c	м ³ /кг	5.11
	i_c	кДж/кг	2714
	s_c	кДж/(кг К)	7.77

4.1 Расчет критических скоростей для рабочего и эжектируемого потоков

При расчете струйных аппаратов широко используются газодинамические функции. Рассмотрим вывод основных газодинамических функций.

При преобразовании внутренней энергии газового потока в кинетическую энергию, связь между изменением температуры потока и развиваемой им скоростью определяется формулой

$$\frac{\omega_a^2}{2} = c_p(T_0 - T), \quad (1)$$

Где ω_a – изоэнтропная скорость потока, м/с;

c_p – удельная изобарная теплоемкость, Дж/(кг · К);

T_0 – температура торможения потока, К;

T – температура потока при скорости ω , К.

Газовая постоянная потока

$$R = c_p - c_v, \text{ Дж/(кг · К)}$$

Удельная изохорная теплоемкость

$$c_v = \frac{c_p}{k},$$

где k – показатель адиабаты.

Поэтому

$$c_p = \frac{kR}{k-1}. \quad (2)$$

Из совместного решения (1) и (2) следует

$$\omega_a = \sqrt{2k/(k-1) R(T_0 - T)}. \quad (3)$$

Скорость звука в газе

$$a = \sqrt{kRT}. \quad (4)$$

Критической скоростью потока называется скорость потока, равная местной скорости звука.

Из условия $a = \omega_a$ путем совместного решения уравнений (3) и (4) выводится формула для расчета температуры потока при его критической скорости:

$$T_* = \frac{2}{k+1} T_0. \quad (5)$$

Приняв в уравнении (5) $T = T_*$, получим выражение для расчета критической скорости потока a_* , м/с:

$$a_* = \sqrt{\frac{2k}{k+1} \cdot RT_0} = \sqrt{\frac{2k}{k+1} \cdot P_0 V_0}, \quad (6)$$

Получим:

$a_p = 468 \text{ м}^2/\text{с}$ - критическая скорость рабочего потока;

$a_э = 403 \text{ м}^2/\text{с}$ - критическая скорость эжектируемого потока.

Обозначим:

$$\sqrt{\theta} = \frac{a_p}{a_э} = \frac{403}{468} = 0,861, \text{ тогда } \frac{1}{\sqrt{\theta}} = 1,16.$$

4.2 Определение коэффициента эжекции

Относительное давление:

$$P_{p2} = \frac{P_э}{P_p} = \frac{0,0054}{0,6} = 0,9. \quad (7)$$

По газодинамическим таблицам определяем:

$\lambda_{pэ} = 2.62$ - приведенная адиабатическая скорость;

$q_{pэ} = 0.066$ - приведенная массовая скорость.

Расчёт ведём методом подекадных приближений.

Первоначально принимаем $\lambda_{с3} = 1$, согласно $\lambda_{с3}$ по газодинамическим таблицам определяем приведенную массовую скорость $q_{с3} = 1$ и относительное давление $\Pi_{с3} = 0,5457$

q -обращается в нуль при значениях λ , равных 0 и λ_{max} , достигая максимального значения $q=1$ при $\lambda = 1$

При истечении в абсолютный вакуум ($\lambda = \lambda_{max}$) приведенный массовый расход q имеет нулевое значение, поскольку относительная удельная плотность ε (т.е. отношение плотности изотропно движущегося потока в данном сечении к его плотности в заторможенном состоянии) обращается в нуль.

Предельный коэффициент эжекции определяется как

$$u_{пр} = \frac{\mu \frac{P_{э1}}{P_c q_{с3}} - \frac{P_{э1}}{P_p q_{pэ}}}{1 - \mu \frac{P_{э1}}{P_c q_{с3}}} \frac{1}{\sqrt{\theta}}, \quad (8)$$

$$u_{пр} = 0,161.$$

Приведенная массовая скорость определяется как

$$q_{э2} = \frac{u\sqrt{\theta}}{\beta(1+u\sqrt{\theta}) \frac{P_{э1}}{P_c q_{с3}} - \frac{P_{э1}}{P_p q_{pэ}}}, \quad (9)$$

$$q_{э2} = 0,602.$$

Согласно $q_{э2}$ по газодинамическим таблицам определяем приведенную адиабатическую скорость $\lambda_{э2} = 0,399$ и относительное давление $\Pi_{э2} = 0,913$

Тогда относительное давление

$$\Pi_{с2} = \frac{P_{э}}{P_c} \Pi_{э2} = \frac{0,0054}{0,031} \cdot 0,913 = 0,16. \quad (10)$$

Коэффициенты скорости определяются как:

$$K_1 = \varphi_1 \varphi_2 \varphi_3 \quad (11)$$

$$K_2 = \varphi_2 \varphi_3 \varphi_4 \quad (12)$$

$$K_3 = 1 + \varphi_3 \frac{P_c}{P_p} \frac{\Pi_{c3} - \frac{P_{э2}}{P_c} \left(\beta - 0.5(\beta - 1) \Pi_{э2} \left(1 + \left(\frac{P_c}{P_3} \right)^{1-\alpha} \left(\frac{\Pi_{c3}}{\Pi_{э2}} \right)^{1-\alpha} \right) \right)}{k\beta \Pi_* q_{pэ} \lambda_{c3}} \quad (13)$$

$$K_4 = 1 + \varphi_3 \frac{P_c}{P_3} \frac{\Pi_{c3} - \Pi_{c2} \left(\beta - 0.5(\beta - 1) \left(1 + \left(\frac{P_c}{P_3} \right)^{1-\alpha} \left(\frac{\Pi_{c3}}{\Pi_{э2}} \right)^{1-\alpha} \right) \right)}{k\beta \Pi_* q_{э2} \lambda_{c3}} \quad (14)$$

В итоге получим, $K_1 = 0,834$; $K_2 = 0,812$; $K_3 = 1,275$; $K_4 = 4,055$

Достижимый коэффициент эжекции определяется как

$$u = \frac{K_1 \lambda_{pэ} - K_3 \lambda_{c3}}{K_4 \lambda_{c3} - K_2 \lambda_{э2}} \frac{1}{\sqrt{\theta}} \quad (15)$$

$$u = 0,301 .$$

Отличие коэффициентов эжекции найдем по формуле:

$$\delta v = \frac{|u - u_{пр}|}{0.5(u + u_{пр})} \cdot 100\% \quad (16)$$

$$\delta v = \frac{|0,301 - 0,161|}{0,5(0,301 + 0,161)} \cdot 100\% = 60,7\%$$

Поскольку полученное отличие коэффициентов эжекции больше заданной степени точности и значение $u > u_{пр}$, что невозможно, повторяем расчет по тому же алгоритму, снижая λ_{c3} с шагом 0.1 пока не выполнится неравенство $u < u_{пр}$. После выполнения данного неравенства, последний интервал проходим с шагом меньшим в десять раз, пока не добьемся заданной точности расчёта. Результаты будут приведены в таблице 5

Таблица 5 – полученные результаты.

№	$\lambda_{сз}$	$q_{сз}$	$П_{сз}$	$u_{пр}$	$q_{э2}$	$\lambda_{э2}$	$П_{э2}$	$П_{с2}$	K_3	K_4	u	$u_{расч}$
I	1	1	0,546	0,161	0,602	0,399	0,913	0,160	1,275	4,055	0,301	0,161
	0,9	0,989	0,644	0,166	0,605	0,402	0,917	0,160	1,354	4,881	0,290	0,166
	0,8	0,956	0,707	0,182	0,616	0,411	0,914	0,159	1,451	5,840	0,285	0,182
	0,7	0,899	0,768	0,212	0,632	0,424	0,909	0,158	1,572	6,970	0,286	0,212
	0,6	0,821	0,825	0,266	0,653	0,441	0,902	0,157	1,728	8,354	0,292	0,266
	0,5	0,721	0,875	0,361	0,676	0,460	0,893	0,156	1,938	10,16	0,303	0,361
II	0,59	0,811	0,830	0,273	0,655	0,443	0,901	0,157	1,746	8,512	0,293	0,273
	0,58	0,803	0,835	0,281	0,657	0,444	0,900	0,157	1,765	8,674	0,294	0,281
	0,57	0,793	0,840	0,289	0,659	0,446	0,899	0,157	1,784	8,841	0,295	0,289
	0,56	0,783	0,845	0,297	0,662	0,448	0,893	0,157	1,804	9,012	0,296	0,297
III	0,569	0,785	0,844	0,290	0,660	0,447	0,899	0,157	1,786	8,857	0,295	0,290
	...											
	0,562	0,785	0,844	0,296	0,661	0,448	0,899	0,157	1,800	8,979	0,296	0,296

Таким образом, расчетное значение коэффициента эжекции $u_{расч} = 0,296$.

4.3 Определение энтальпии сжатого потока и КПД эжектора

Определяем энтальпию сжатого потока

$$i_c = \frac{i_p + u i_{э}}{1 + u}; \quad (17)$$

$$i_c = \frac{2756 + 0,296 \cdot 2564}{1 + 0,296} = 2712 \text{ кДж/кг}.$$

Определяем коэффициент полезного действия

$$\eta = \frac{u(i_c + i_{э} - T_{0c}(s_c - s_{э}))}{i_p + i_c - T_{0c}(s_p - s_c)}; \quad (18)$$

$$\eta = \frac{0,296(2714 - 2564 - 300(7,77 - 8,35))}{2756 - 2714 - 300(6,76 - 7,77)} = 0,265.$$

$$\eta = 26,5\%.$$

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
4E41	Баранов Александр Александрович

Инженерная школа	Природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Нефтегазовое дело
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.02 «Технологические машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску.
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Премиальный коэффициент 30%; коэффициент дополнительной заработной платы 15%; коэффициент, учитывающий накладные расходы 16%; районный коэффициент 130%.
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	Коэффициент, учитывающий отчисления во внебюджетные фонды 30%.

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений SWOT-анализ
<i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение трудоемкости выполнения работ, разработка плана и графика выполнения проекта (графика Ганта). Формирование бюджета затрат ан проектирование: материальные затраты, заработная плата (основная и дополнительная), отчисления на социальные цели, накладные расходы, амортизационные отчисления.
<i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности проекта.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<i>Оценка конкурентоспособности технических решений</i> <i>Матрица SWOT</i> <i>Альтернативы проведения НИ</i> <i>График проведения и бюджет НИ</i> <i>Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ</i>	
---	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Черепанова Н.В.	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4Е41	Баранов Александр Александрович		

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности

Потенциальные потребители результатов исследования

Потенциальными потребителями результатов исследования являются коммерческие организации, специализирующиеся в нефтегазовой отрасли, в частности – газодобывающие компании. Для данных предприятий разрабатывается модернизация АС блока подготовки газа (эжектора), установки комплексной подготовки газа УКПГ.

В таблице 6 приведены основные сегменты рынка по следующим критериям: размер компании-заказчика и направление деятельности.

Таблица 6 – Карта сегментирования рынка

		Направление деятельности			
		Проектирование строительства	Выполнение проектов строительства	Разработка АСУ ТП	Внедрение SCADA систем
Размер компании	Мелкая	+	+	+	-
	Средняя	+	+	+	+
	Крупная	+	+	+	+

Согласно карте сегментирования, можно выбрать следующие сегменты рынка: разработка АСУ ТП и внедрение SCADA-систем для средних и крупных компаний.

Анализ конкурентных технических решений

Данный анализ проводится с помощью оценочной карты для сравнения конкурентных технических решений, приведенной в таблице 7:

Таблица 7 – Оценочная карта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Проект АСУ ТП РП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней Компанией	Проект АСУ ТП РП	Существующая система управления	Разработка АСУ ТП сторонней Компанией
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,07	5	2	4	0,35	0,14	0,28
Удобство в эксплуатации	0,06	4	3	3	0,24	0,18	0,18
Помехоустойчивость	0,05	2	3	2	0,1	0,15	0,1
Энергоэкономичность	0,09	5	4	2	0,45	0,36	0,18
Надежность	0,15	4	5	5	0,6	0,75	0,75
Безопасность	0,15	4	5	5	0,6	0,75	0,75
Потребность в ресурсах памяти	0,03	2	5	3	0,06	0,15	0,09
Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	5	3	5	0,25	0,15	0,25
Простота эксплуатации	0,06	4	5	4	0,24	0,3	0,24
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,03	2	1	3	0,06	0,03	0,09
Уровень проникновения на рынок	0,03	2	3	3	0,06	0,09	0,09
Цена	0,06	3	5	1	0,18	0,3	0,06
Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	3	5	0,28	0,21	0,35
Послепродажное обслуживание	0,1	5	3	3	0,5	0,3	0,3
Итого:	1	51	50	48	3,97	3,86	3,71

Опираясь на полученные результаты, можно сделать вывод, что разрабатываемая модернизация АС блока подготовки газа (эжектора), установки УКПГ является наиболее эффективной. Уязвимость конкурентов объясняется наличием таких причин, как меньшее увеличение производительности, более низкая устойчивость и надежность, высокая цена и низкий срок эксплуатации.

SWOT – анализ

SWOT-анализ — метод стратегического планирования, заключающийся в выявлении факторов внутренней и внешней среды организации и разделении их на четыре категории: Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы).

Матрица SWOT-анализа представлена в таблице 8.

Таблица 8 –SWOT-анализ.

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Экономичность и энергоэффективность проекта. С2. Наличие опытного руководителя. С3. Более низкая стоимость. С4. Актуальность разработки.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие работающего прототипа. Сл2. Большой срок поставок оборудования. Сл3. Медленный процесс вывод на рынка новой системы.</p>
<p>Возможности: В1. Большой потенциал применения данной системы. В2. Использование существующего ПО. В3. Повышение стоимости конкурентных разработок</p>	<p>Большой потенциал применения обуславливается введением системы управления, мало распространенной на территории РФ и находящейся на уровне лучших зарубежных аналогов. Использование существующего программного обеспечения позволяет не тратить время и деньги на создание уникального ПО.</p>	<p>Санкции, наложенные на РФ, и высокий курс евро/доллара будут ограничивать появление новых иностранных технологий на российском рынке.</p>

Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии. У2. Развитая конкуренция. У3. Сложность перехода на новую систему.	Новая система управления и актуальность разработки не сказываются на спросе Противодействие со стороны конкурентов не повлияет на наличие опытного руководителя.	Медленный ввод данной системы в эксплуатацию позволит переждать возможных скачков на рынке спроса.
---	---	--

Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Данные соответствия или несоответствия помогут выявить потребность в проведении стратегических изменений. Для этого построим интерактивные матрицы проекта.

Таблица 9 – Интерактивная матрица для сильных сторон и возможностей.

Сильные стороны проекта					
		C1	C2	C3	C4
Возможности проекта	B1	+	-	+	+
	B2	-	-	+	+
	B3	+	-	+	+

Таблица 10 – Интерактивная матрица для слабых сторон и возможностей.

Слабые стороны проекта				
		Сл1	Сл2	Сл3
Возможности проекта	B1	-	-	-
	B2	-	-	-
	B3	-	-	-

Таблица 11 – Интерактивная матрица для сильных сторон и угроз.

Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		С1	С2	С3	С4
	У1	-	-	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-

Таблица 12 – Интерактивная матрица для слабых сторон и угроз.

Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	+	+	+
	У2	+	-	+
	У3	+	-	+

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

Структура работ в рамках научного исследования

Трудоемкость выполнения ВКР оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – руководитель (Р), студент-дипломник (СД). Разделим выполнение дипломной работы на этапе, представленные в таблице 13.

Таблица 13– Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работы	Должность исполнителя	Загрузка
Разработка задания на НИР	1	Составление и утверждение задания НИР	Р	Р-100%
Проведение НИР				
Выбор направления исследования	2	Изучение исходных данных и материалов по тематике	Р, СД	Р-50%, СД-100%
	3	Разработка и утверждение техзадания (ТЗ)	Р, СД	Р-100%, СД-100%
	4	Календарное планирование работ	Р, СД	Р-50%, СД-100%
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Разработка структурных схем	СД	СД-100%
	6	Разработка функциональных схем	СД	СД-100%
	7	Выбор технических средств автоматизации	СД	Р-50% СД-100%
	8	Выбор алгоритмов управления	СД	Р-50% СД-100%
	9	Разработка экранной формы	СД	СД-100%
Оформление отчета по НИР	10	Составление пояснительной записки	СД	СД-100%

Разработка графика проведения научного исследования

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ необходимо перевести из рабочих дней в календарные дни. Для этого необходимо рассчитать коэффициент календарности по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 118} = 1,48 \quad (19)$$

В таблице 14 приведены расчеты длительности отдельных видов работ.

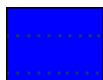
Таблица 14 – Временные показатели проведения работ


№ раб.	Исполнители	Продолжительность работ						
		T _{min} , чел-дн.	T _{max} , чел-дн.	T _{ож} , чел-дн.	T _р , раб.дн	T _{кд} , кал.дн	У _i , %	Г _i , %
1	Р	1	2	1,4	1,4	2	5,5	5,5
2	Р, СД	1	2	1,4	0,7	1	2,7	8,3
3	Р, СД	2	3	2,4	1,2	2	5,5	13,9
4	Р, СД	1	2	1,4	0,7	1	2,7	16,6
5	СД	2	3	2,4	2,4	3	8,3	25
6	СД	5	10	7	7	10	27,7	52,7
7	Р, СД	2	3	2,4	1,2	3	8,3	61,1
8	Р, СД	3	6	4,2	2,1	6	16,6	77,7
9	Р, СД	3	6	4,2	2,1	6	16,6	94,4
10	СД	1	2	1,4	1,4	2	5,5	100
Итого						36		

На основе таблицы 14 построим график работ (таблица 15). Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Таблица 15– План-график

№	Вид работы	Ис- п- ли	Ткд	5	10	15	20	25	30	36	
1	Составление и утверждение задания	Р	2								
2	Изучение исх. данных и мат-лов по тематике	Р, СД	1								
3	Разработка и утверждение ТЗ	Р, СД	2								
4	Календарное планирование работ	Р, СД	1								
5	Разработка структурных схем	СД	3								
6	Разработка функциональных схем	СД	1 0								
7	Выбор технических средств автоматизации	Р, СД	3								
8	Выбор алгоритмов управления	Р, СД	6								
9	Разработка экранной формы	Р, СД	6								
10	Составление пояснительной записки	СД	2								

 - студент-дипломник

 - руководитель

Расчет материальных затрат

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_M = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (20)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг и т.д.);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг и т.д.); k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, примем равным 20%.

Расчеты представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм	Кол-во	Цена за ед., руб	Затраты на материалы
Контроллер "Allen Bradley Micro 850"	шт.	1	278 300	347875
Расходомер "Prowirl 72W"	шт.	1	194 000	223100
Датчикидавления "Endress+Hauser Cerebar S RMP75"	шт.	3	90 000	310500
Датчик температуры "Enress+Hauser Omnigrad T TR24"	шт.	3	61 400	211830
Газоанализатор "Drager Polytron 2XP Ex"	шт.	1	117 500	135125
Задвижка "AUMA AVK"	шт.	2	214 750	515400
Электропривод "AUMA DN 50-400"	шт.	2	132 000	330000
Итого:				2073830

Расчет затрат на специальное оборудование

В данной статье расхода включается затраты на приобретение специализированного программного обеспечения для программирования AllenBradleyMicro 850. В таблице 17 приведен расчет бюджета затрат на приобретение программного обеспечения для проведения научных работ:

Таблица 17 – Расчет бюджета затрат на приобретения ПО

Наименование	Количество единиц	Цена единицы оборудования	Общая стоимость
SCADA ViS@	1	34 400	34 400
итого:			34 400

Основная заработная плата исполнителей темы

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 18.

Таблица 18 – Основная заработная плата

Исполнители	Тарифная заработная плата	Премимальный коэффициент	Коэффициент доплат	Районный коэффициент	Месячный должностной оклад работника	Среднедневная заработная плата	Продолжительность работ	Основная заработная плата
Руководитель	23264,86	0,3	0,2	1,3	45366,5	2278,50	4	9113,98
Инженер	7800	0,3	0,5	1,3	18252	916,69	39	35751,00
Итого								44864,99

Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{допР}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 9113,98 = 1367,09 \quad (21)$$

$$Z_{\text{допИ}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 35751 = 5362,65 \quad (22)$$

Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина отчислений определяется по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}), \quad (23)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2018 г. взнос в социальные фонды установлен в размере 30% от заработной платы.

Все расчеты сведены в таблицу 19.

Таблица 19– Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Руководитель проекта	9113,98	1367,09
Инженер	35751	5362,65
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30	30
Итого:	13459,49	2018,92

Накладные расходы

Накладные расходы учитывают все затраты, не вошедшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование, оплата электроэнергии, оплата пользования услугами и пр.

Расчет накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (24)$$

где $k_{\text{нр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 15%.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (1962710 + 22800 + 44864,99 + 6729,74 + 15478,42) \cdot 0,015 \\ &= 32629,55 \text{ руб} \end{aligned}$$

Где 0,015 - коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведен в таблице 20.

Таблица 20 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты	2073830
2. Затраты на специальное оборудование	34400
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	44864,99
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6729,74
5. Отчисления во внебюджетные фонды	15478,42
6. Накладные расходы	32629,55
7. Бюджет затрат НИИ	2207932,70

5.3 Определение ресурсоэффективности проекта

Ресурсоэффективность научной разработки можно определить по формуле:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (25)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности;

a_i – весовой коэффициент разработки;

b_i – балльная оценка разработки, определяется экспертным путем по выбранной шкале оценивания.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 21.

Таблица 21 - Сравнительная оценка характеристик разработки

Критерии	Весовой коэффициент	Балльная оценка разработки
1. Повышение производительности	0,1	5
2. Удобство в эксплуатации	0,1	4
3. Энергоэкономичность	0,15	5
4. Надежность	0,25	4
5. Безопасность	0,3	4
6. Простота эксплуатации	0,1	4
Итого	1,00	25

Интегральный показатель ресурсоэффективности для исследуемой разработки:

$$I_{pi} = \sum a_i b_i = 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 4 + 0,15 \cdot 5 + 0,25 \cdot 4 + 0,3 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 = 4,25$$

Рассчитанная оценка ресурсоэффективности разработки является достаточно высокой (4,25), что говорит об эффективности реализуемой разработки с позиции ресурсной эффективности.

В итоге была доказана конкурентоспособность данной модернизации АС блока подготовки газа (эжектора), по отношению к другими аналогичными разработками. Был разработан график занятости, который ограничил

выполнение работы в 36 дней. Также был посчитан бюджет НТИ равный 2207932,70 руб., большая часть которого включает затраты на материалы. Выполнение данного проекта и его реализация является значимой и эффективной.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
4Е41	Баранов Александр Александрович

Инженерная школа	природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	нефтегазового дела
Уровень образования	бакалавр	Направление/специальность	15.03.02 «Технологические машины и оборудование нефтяных и газовых промыслов»

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Характеристика объекта исследования	<p><i>Рабочая зона – Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение, в частности Установка комплексной подготовки газа и конденсата, блочная компрессорная станция низконапорных газов. Расположено в Каргасокском районе Томской области, в 450 км к северо-западу от г. Томска. Климат-континентальный, что проявляется в больших месячных и годовых колебаниях температуры воздуха.</i></p> <p><i>При выполнении работ на БКС ННГ могут иметь место вредные и опасные проявления факторов производственной среды для человека. Оказывается негативное воздействие на природу (атмосферу, гидросферу, литосферу). Возможно возникновение чрезвычайных ситуаций техногенного, стихийного, экологического и социального характера</i></p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p>5.1 Производственная безопасность</p> <p>5.1.1 Анализ выявленных вредных факторов на БКС ННГ УКПГ и К МНГКМ</p> <p>5.1.2 Анализ выявленных опасных факторов на БКС ННГ УКПГ и К МНГКМ</p>	<p><i>При выполнении работ на БКС ННГ существует целая группа вредных факторов, которые снижают производительность труда. К таким факторам можно отнести:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу; – повышенный уровень шума и вибрации; – отклонения показателей климата на открытом воздухе; – повышенная загазованность рабочей зоны. <p><i>При выполнении работ на БКС ННГ могут возникнуть опасные ситуации для обслуживающего персонала, к ним относятся:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – поражение электрическим током; – опасность механических повреждений.
<p>5.2 Экологическая безопасность</p>	<p><i>При выполнении работ на БКС ННГ УКПГ и К будет оказываться негативное воздействие на:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – окружающую среду; – атмосферу воздуха; – поверхностные и подземные воды от загрязнения и истощения.
<p>5.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях</p>	<p><i>При выполнении работ на БКС ННГ УКПГ и К чрезвычайные ситуации могут возникнуть:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> – по причине техногенного характера; – попадания молнии.
<p>5.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</p>	<p><i>Конституция Российской Федерации. ПБ 08-624-03. Правила безопасности в нефтяной и газовой промышленности</i></p>

	<i>Федеральный закон от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»</i>
--	--

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Штейнле Александр Владимирович	к.м.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4E41	Баранов Александр Александрович		

6. Социальная ответственность

Социальная ответственность - ответственность перед людьми и данными им обещаниями, когда организация учитывает интересы коллектива и общества, возлагая на себя ответственность за влияние их деятельности на заказчиков, поставщиков, работников, акционеров [20].

Объектом исследования является Мыльджинское нефтегазоконденсатное месторождение (МНГКМ), в частности УКПГиК, (БКС ННГ). В административном отношении расположена в Каргасокском районе Томской области, в 450 км к северо-западу от г. Томска. Ближайшим населенным пунктом является п. Мыльджино - в 20 км к северу.

Климат - континентальный, что проявляется в больших месячных и годовых колебаниях температуры воздуха. Температура воздуха в зимний период времени составляет в среднем от минус 20 до минус 25 °С, опускаясь иногда до минус 55°С, летом температура поднимается до плюс 35 °С.

В соответствии с ФЗ №116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [21] УКПГиК МНГКМ относится к опасному производственному объекту. Опасность связана с используемыми в процессе производства опасными веществами, необходимостью обслуживания оборудования, находящегося под высоким давлением, при низкой и высокой температурах, необходимостью работы во взрывоопасных и пожароопасных помещениях. Режим работы объекта - непрерывный круглосуточный.

6.1 Производственная безопасность

Выполнение работ на БКС ННГ сопровождается вредными и опасными факторами согласно [22], приведенными в таблице 22.

Таблица 22 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Наименование видов работ	Факторы		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Осуществление работ	1. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу; 2. Повышенный уровень шума и вибрации; 3. Отклонение показателей климата на открытом воздухе; 4. Повышенная загазованность рабочей зоны.	1. Опасность поражения электрическим током; 2. Опасность механических повреждений.	ГОСТ 12.1.005–88 ГОСТ 12.1.038–82 ГОСТ 12.1.003–2014 ГОСТ 12.1.012–2004 ГОСТ 12.1.007–76

Анализ вредных производственных факторов и мероприятия по их устранению

Вредными производственными факторами называются факторы, отрицательно влияющие на работоспособность или вызывающие профессиональные заболевания и другие неблагоприятные последствия.

Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу

Главным источником формирования данного фактора является возможная разгерметизация трубопроводов или оборудования в процессе работы, что может вызвать отравление парами углеводородов.

Взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, продуктов, готовой продукции и отходов производства приведены в таблице 23 [23].

В целях достижения безопасности персонала необходимо соблюдать требования:

- допуска персонала, имеющего специальную подготовку, определенную требованиями норм и правил и квалификацию;
- безопасных приемов и методов труда;
- мер газовой и пожарной безопасности;
- по применению средств индивидуальной защиты, средств пожаротушения с отработкой приемов их использования,
- к спецодежде из термостойких и антистатичных материалов и индивидуальным средствам защиты.

Таблица 23 – Взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, продуктов, готовой продукции и отходов производства

№ п/п	Наименование сырья, полупродуктов, готовой продукции, отходов производства	Агрегатное состояние	Класс опасности	Температура, °С			Концентрационные пределы распространения пламени, % об.		Характеристика токсичности	ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений, мг/м ³
				Вспышки	Воспламенения	Самовоспламенения	Нижний	Верхний		
1	Природный газ	газ	4	- 188	–	550	3	15	Наркотическое воздействие, удушье	300
2	Нестабильный газовый конденсат	ж	4	-44	–	286	2,5	5,2	Наркотическое воздействие	300
3	Стабильный газовый конденсат	ж	4	-23	–	233	4,9	5,2	Наркотическое воздействие	300
4	Смесь пропана и бутана технических	ж	4	-74	–	450	2,0	9,1	Обморожение	300

5	Метанол	ж	3	6	13	440	7,3	36	Опьянение, потеря зрения	5
---	---------	---	---	---	----	-----	-----	----	--------------------------------	---

Повышенный уровень шума и вибрации

В настоящее время эксплуатация подавляющего большинства технологического оборудования неизбежно связана с возникновением шумов и вибраций различной частоты и интенсивности, оказывающих весьма неблагоприятное воздействие на организм человека.

Шум - это совокупность звуков различной частоты и интенсивности, возникающих в результате колебательного движения частиц в упругих средах (твёрдых, жидких, газообразных).

Допустимые шумовые характеристики рабочих мест регламентируются ГОСТ 12.1.003-2014 [24]. В соответствии с требованиями ГОСТ громкость ниже 80 дБ обычно не влияет на органы слуха.

Длительное действие шума более 85 дБ приводит к постоянному повышению порога слуха, к повышению кровяного давления.

Вибрация - это механические колебания твёрдых тел - частей аппаратов, машин, оборудования, воспринимаемое организмом человека как сотрясения. Часто вибрации сопровождаются слышимым шумом.

Гигиенические допустимые уровни вибрации регламентирует ГОСТ 12.1.012-2004 «ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования» [25].

Нормируемые параметры вибрации – среднеквадратичные значения виброскорости в м/с или её логарифмические уровни в дБ в октавных полосах частот. Базовая частота предельного спектра для общей вибрации равна 63 Гц (95 дБ), для локальной - 125 Гц (110дБ).

В производственных условиях с целью предотвращения вредного воздействия шума и вибрации на организм человека необходимо всегда добиваться, чтобы уровни шума и вибрации не превышали допустимых значений. Снижение шума и вибрации можно достичь следующими методами:

- уменьшение шума и вибрации в источнике их образования;
- изоляция источников шума и вибрации средствами звукоизоляции и звукопоглощения, виброизоляции и вибродемпфирования;
- применение средств индивидуальной защиты.

Средства защиты от шума подразделяют на две группы: вкладыши, вкладываемые в устье слухового аппарата, и наружные противошумы - наушники, шлемы, накладываемые на ушную раковину. Наиболее эффективны вкладыши «Беруши», позволяющие снижать уровень звука на различных частотах от 15 до 30 дБ.

Отклонение показателей климата на открытом воздухе

Климат представляет комплекс физических параметров воздуха (температура, влажность, скорость движения воздуха, интенсивность радиационное излучения солнца, величина атмосферного давления), влияющих на тепловое состояние организма.

При нормировании параметров климата выделяют холодный период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной плюс 10°С и ниже и теплый период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха выше плюс 10°С.

Работающие в зимний период года должны быть обеспечены спецодеждой с теплозащитными свойствами. При температуре воздуха минус 40 °С и ниже необходима защита органов дыхания и лица. В летний период работающие должны быть обеспечены головными уборами исключающие перегрев головы от солнечных лучей.

Постановление Администрации Томской области от 11.02.2011 г. №29а регламентирует следующие погодные условия (если работы круглогодичные), при которых работы на открытом воздухе работодателями приостанавливаются (таблица 24) [26].

Таблица 24 – Условия организации работ в холодный период года на открытом воздухе

Скорость ветра, м/с	Температура воздуха, °С
0	-36
0–5	-35
5–10	-34
Свыше 10	-32

Повышенная загазованность рабочей зоны

Главным источником загазованности рабочей зоны является скопление вредных и взрывопожароопасных веществ, образующиеся при работе, связанной с осмотром, чисткой и ремонтом технологического оборудования, а также с установкой и снятием заглушек, что может вызвать отравление парами углеводородов и ожоги при возгорании смеси. Также выделение газов на наружных площадках и в помещениях может произойти через не плотности фланцевых соединений, пропуск газа в сальниках, из-за разрушений трубопроводов, не плотностей в оборудовании.

Таблица 25 – Концентрационные пределы воспламенения индивидуальных углеводородов, входящих в состав газа

Углеводороды	Концентрационные пределы воспламенения, % (по объему).
метан	5 – 15
этан	2,9 – 15
пропан	2,1 – 9,5
бутан	1,9 – 9,1
пентан	1,4 – 7,8
гексан	1,2 – 7,5

В каждом отдельном случае обнаружения утечек определяется характер пропуска, объем выделяемого углеводородного газа, направления ветра, серьезность пропуска.

В целях исключения аварий по вине обслуживающего персонала к работе допускаются работники, имеющие специальную подготовку, прошедшие обучение правилам техники безопасности.

В целях предупреждения вредного воздействия углеводородных газов на здоровье человека предусмотрены защитные приспособления, осуществляется контроль воздушной среды.

Анализ опасных производственных факторов и мероприятия по их устранению

Опасный производственный фактор - фактор среды и трудового процесса, который может быть причиной травмы, острого заболевания или внезапного резкого ухудшения здоровья, смерти.

Опасность поражения электрическим током

Напряжение электропитания БКС ННГ - трехфазное 380/220 В, частотой 50 Гц по двум вводам от двух независимых источников - основное напряжение - по I категории.

Выполнено заземление оборудования, обеспечивающее безопасность обслуживания персонала при эксплуатации и ремонте, молниезащита объекта.

Опасность воздействия электрического тока на организм человека зависит от электрического сопротивления тела и приложенного к нему напряжения, силы тока, длительности его воздействия, путей прохождения тока через человека, рода и частоты тока, индивидуальных особенностей человека, окружающей среды и ряда других факторов. Степень воздействия токов на человека указана в таблице 26.

Таблица 26 – Воздействие тока на человека

Сила тока, проходящая через человека, мА	Воздействие на человека	
	переменный ток	постоянный ток
	50-60 Гц	
0,5-1,5	начало ощущения, лёгкое дрожание пальцев рук	не ощущается
2,0-3,0	сильное дрожание пальцев рук	не ощущается
5,0-7,0	судороги в руках	зуд, ощущение нагрева
8,0-10,0	трудно, но ещё можно оторвать руки от электродов, сильные боли в пальцах, кистях рук и предплечьях	усиление нагрева
20,0-25,0	паралич рук, оторвать их от электрода невозможно, очень сильные боли, дыхание затруднено	ещё большее усиление нагрева
50,0-80,0	остановка дыхания, начало фибрилляции сердца	сильное ощущение нагрева, сокращение мышц рук, судороги, затруднение дыхания
90,-100,0	остановка дыхания, при длительном воздействии - 3 сек. и более следует остановка сердца	остановка дыхания

Существенное влияние на исход действия электрического тока оказывает путь прохождения тока в теле человека: чем больше жизненно важных органов подвержено действию тока, тем тяжелее исход поражения.

Согласно ГОСТ ИЕС 61140-2012 [27] для максимальной защиты персонала необходимо предпринимать следующие меры:

- изолировать токоведущие части оборудования;
- заземлять точки источника питания или искусственной нейтральной точки;
- применять СИЗ, не проводящие токи
- устанавливать знаки предостережения в местах повышенной опасности.

Опасность механических повреждений

При работе на БКС ННГ обслуживающий персонал подвергается опасности получения механических повреждений. Для предотвращения повреждений необходимо соблюдать технику безопасности.

В целях достижения безопасности персонала необходимо соблюдать требования:

- оформлять наряд-допуск на проведение работ повышенной опасности;
- места прохода и доступа к техническим устройствам, на которых требуется подъем обслуживающего персонала на высоту до 0,75 м, оборудуются ступенями, а на высоту выше 0,75 м - лестницами с перилами;
- в местах прохода людей над трубопроводами, расположенными на высоте 0,25 м и выше от поверхности земли, площадки или пола, должны быть устроены переходные мостики, которые оборудуются перилами, если высота расположения трубопровода более 0,75 м;
- рабочие площадки и площадки обслуживания, расположенные на высоте, должны иметь настил, выполненный из металлических листов с поверхностью, исключающей возможность скольжения, или досок толщиной не менее 0,04 м, и, начиная с высоты 0,75 м, перила высотой 1,25 м с продольными планками, расположенными на расстоянии не более 0,4 м друг от друга, и борт высотой не менее 0,15 м, образующий с настилом зазор не более 0,01 м для стока жидкости;
- работы, связанные с опасностью падения работающего с высоты, должны проводиться с применением предохранительного пояса;
- узлы, детали, приспособления и элементы технических устройств, которые могут служить источником опасности для работающих, а также поверхности оградительных и защитных устройств должны быть окрашены в сигнальные цвета;

– открытые движущиеся и вращающиеся части технических устройств ограждаются или заключаются в кожухи; такие технические устройства должны быть оснащены системами блокировки с пусковыми устройствами, исключающими пуск их в работу при отсутствующем или открытом ограждении;

– снятие кожухов, ограждений, ремонт технических устройств проводится только после отключения электроэнергии, сброса давления, остановки движущихся частей и принятия мер, предотвращающих случайное приведение их в движение вследствие ошибочного или самопроизвольного включения аппаратов, под действием силы тяжести или других факторов; на штурвалах задвижек, шиберов, вентилей должны быть вывешены плакаты "Не открывать! Работают люди", на пусковом устройстве обязательно вывешивается плакат: "Не включать, работают люди".

6.2 Экологическая безопасность

В процессе разработки месторождений в системе добычи, сбора, подготовки и транспорта газа проводятся мероприятия, направленные на повышение экологической безопасности. В частности, ведется реконструкция действующих производств, вносятся изменения в противокоррозионные мероприятия, систему диагностики газопромыслового оборудования и трубопроводного транспорта, совершенствуются технологии сбора и промышленной подготовки газа.

Защита окружающей среды

Основными типами антропогенных воздействий на природу являются:

– загрязнение окружающей среды промышленными и бытовыми отходами; развитие отрицательных физико-геологических процессов в зоне строительства и эксплуатации объектов (изменение поверхностного стока, заболачивание, подтопление, развитие оврагов, оползней, эрозии, активизация криогенных процессов на участках распространения многолетнемерзлых пород, засоление выходом сеноманских вод).

– загрязнение окружающей среды нефтью и конденсатом вследствие несовершенства технологии, аварийных разливов и несоблюдение природоохранных требований;

– Основными мерами по охране окружающей среды являются: – сокращение потерь нефти и конденсата, повышение герметичности и надежности промышленного оборудования;

– оптимизация процессов сжигания топлива, снижение образования токсичных продуктов сгорания.

Защита атмосферного воздуха от загрязнения

Одним из основных источников выбросов загрязняющих веществ являются факельное хозяйство, предназначенное для сжигания газа при работе оборудования.

Большой ущерб природным комплексам наносится в случае аварийных ситуаций.

Основные мероприятия по охране атмосферного воздуха от загрязнений являются:

- полная герметизация оборудования для сбора и транспортировки газа;
- контроль швов сварных соединений трубопроводов;
- защита оборудования от коррозии;
- утилизация попутного газа;
- разработанный план действий при аварийной ситуации.

Строительство и запуск в работу БКС ННГ позволило сократить сжигание низконапорного газа, образующегося на УКПГиК в процессе подготовки газа и конденсата к транспорту.

Защита поверхностных и подземных вод от загрязнения и истощения

Отрицательное воздействие на химический состав водоемов при эксплуатации объектов нефтегазодобычи оказывают разливы нефтепродуктов и вод с высокой минерализацией. При попадании нефтепродуктов в водоемы на поверхности воды образуется пленка, препятствующая воздушному обмену.

На Мыльджинском нефтегазоконденсатном месторождении осуществлен ряд мероприятий, способствующих снижению вредного воздействия и охране водных ресурсов:

- производится очистка промышленных стоков и дальнейшая их закачка в пласт на узле закачки очищенных стоков;
- созданы очистные сооружения для бытовых стоков (канализационные устройства, септики).

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

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

Пожаровзрывоопасность

Ведение технологического процесса на УКПГ связано с осушкой природного газа, в состав которого входят углеводороды C_1-C_6 , образующие с воздухом взрывоопасные смеси.

Помещение блока БКС ННГ относится к взрывоопасным установкам, класс взрывоопасной зоны В-1а и рассчитано на взрывоопасную, пожароопасную рабочую среду - природный газ класса опасности 4 по [28], категории взрывоопасности IIА и группы взрывоопасной смеси Т2 по ГОСТ 51330.11-99 [29]. Категория пожарной опасности установки в соответствии с НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности» [30] - «А» (повышенная взрывопожароопасность).

Возможными причинами и источниками пожаров и взрывов на рабочем месте могут быть:

- наличие легко воспламеняющихся жидкостей и взрывопожароопасных
- паров;
- наличие источников открытого огня и нагретых поверхностей оборудования и трубопроводов;
- возможная разгерметизация трубопроводов или оборудования;
- наличием электрооборудования;

– несоблюдение правил хранения смазочных масел и обтирочных материалов.

Для предупреждения возникновения аварий, загазованности рабочей зоны, взрывов и пожаров на УКПГ предусмотрена сигнализация параметров технологического режима.

Для определения ДВК газовой смеси помещения оборудуются приборами контроля (сигнализаторами) до взрывных концентраций, заблокированными с аварийной вентиляцией.

Все работающие ознакомлены с основными требованиями пожарной безопасности и мерами личной предосторожности, которые необходимо соблюдать при возникновении пожара, а также планом эвакуации людей из помещения.

В целях предупреждения пожаров, взрывов на УКПГ категорически запрещается применение открытого огня. Огневые и газоопасные работы проводятся регламентировано, согласно соответствующим инструкциям.

Молниезащита, защита от статического электричества

Для обеспечения безопасности людей и сохранности зданий, сооружений и оборудования от разрушения, загорания и взрывов при прямых ударах молнии на УКПГ устроена молниезащита в соответствии с «Инструкцией по проектированию и устройству молниезащиты зданий и сооружений» (РД 34.21.122-87) [32].

Для взрывоопасных и пожароопасных зданий и сооружений выполнена защита:

- от прямых ударов молнии;
- от вторичных ударов молнии;
- от заносов высоких потенциалов через наземные и подземные коммуникации; от статического электричества (в соответствии с РД 39-

22113-78 «Временные правила защиты от проявлений статического электричества на производственных установках и сооружениях нефтяной и газовой промышленности» [33]).

Защита от прямых ударов молнии выполнена стержневыми молниеприемниками и заземлением металлической кровли зданий.

Проявление статического электричества представляет собой большую опасность как источник возникновения пожара и углеводородного природного газа, которые являются диэлектриками.

Предупреждение опасностей, связанных с искровыми разрядами статического электричества и вторичного проявления молний, на установках обеспечиваются следующими мероприятиями, предусмотренными отраслевыми правилами и нормами техники безопасности:

- оборудование и трубопроводы, расположенные на установке и эстакаде, представляют собой на всем протяжении непрерывную цепь и
- присоединяются к заземляющим устройствам;
- в отдельных случаях для обеспечения непрерывности цепи, разорванной фланцевыми парами с паранитовыми прокладками, для снижения сопротивления предусмотрены тщательная зачистка не менее двух шпилек и установка медных скоб между фланцами и гайками шпилек;
- все блоки установки защищены молниеотводами зоны, действия которых перекрывают друг друга;
- все оборудование и трубопроводы установки должны быть заземлены на границах площадок не менее двух раз.
- контур заземления, предназначенный для защиты от проявлений статического электричества и одновременно от вторичных проявлений молний, должен иметь сопротивление не более 10 Ом.
- осмотр и измерение сопротивления заземляющих устройств необходимо производить не реже одного раза год в соответствии с инструкцией и графиком, утвержденными главным инженером предприятия.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Требования промышленной безопасности должны соблюдаться согласно Федеральному закону от 21.07.1997 №116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [34] и Постановлению Правительства РФ «Об организации и осуществлении производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах» с использованием «Методических рекомендаций по организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах» РД 04-355-00 [35].

Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности ПБ 08-624-03 [36] установлены требования, процедуры и условия ведения работ при проектировании, строительстве, реконструкции, эксплуатации, консервации и ликвидации производственных объектов; конструировании, изготовлении, ремонте машин, механизмов, других технических устройств; разработке технологических процессов; подготовке и аттестации работников; организации производства и труда; взаимодействии Госгортехнадзора России с организациями по обеспечению безопасных условий производства и рационального использования природных ресурсов.

Заключение

На данный момент уже существует опыт внедрения эжекторов на УКПГ, которые зарекомендовали себя с лучшей стороны. На начальных этапах освоения месторождений, эжектор, по сравнению с другими устройствами подготовки газа, является наиболее экономически целесообразным, энергоэффективным, простым в эксплуатации, эффективным в извлечении тяжелых углеводородов и что немало важно в полезном использовании низконапорных газов. Так же, такие параметры месторождения как высокое пластовое давление, легкая нефть, высокий процент попутного нефтяного газа, могут говорить о том, что ввод эжекторов будет наилучшим вариантом.

Применение технологии позволит решить задачи, важнейшими из которых являются:

- снижение парникового эффекта от сжигания попутного газа;
- снижение выплат по штрафам, вводимым за чрезмерное сжигание ПНГ на факелах;
- улучшение состава газа на выходе из УКПГ;
- снижение затрат на эксплуатацию УКПГ.

Список литературы

1. Картамышева Е. С., Иванченко Д. С. Попутный нефтяной газ и проблема его утилизации // Молодой ученый. — 2017. — №25. — С. 120-124.
2. Постановление Правительства РФ от 08.11.2012 №1148 (ред. От 28.12.2017) «Об особенностях исчисления платы за негативное воздействие на окружающую среду при выбросах в атмосферный воздух загрязняющих веществ, образующихся при сжигании на факельных установках и (или) рассеивании попутного нефтяного газа»
3. Федеральный закон РФ от 23.11.2009 года № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (последняя редакция)
4. Президента Российской Федерации от 17.12.2009 г. № 861-рп «О Климатической доктрине Российской Федерации». Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/30311/page/1> - Загл. с экрана
5. Администрация Президента России [Электронный ресурс] / Указ Президента РФ от 30.09.2013 г. № 752 «О сокращении выбросов парниковых газов». Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/37646> - Загл. с экрана
6. Информационный портал ПАО «Газпром» [Электронный ресурс] / Экологический отчет ПАО «Газпром» за 2015 год. Режим доступа: <http://www.gazprom.ru/f/posts/47/833239/gazprom-ecology-report-2015-ru.pdf> - Загл. с экрана.
7. База документов [Электронный ресурс] / Подземное хранение попутного нефтяного газа Режим доступа: <http://reftrend.ru/661227.html> - Загл. с экрана.
8. Бобрицкий Н.В., Юфин В.А. Основы нефтяной и газовой промышленности - М.: Недра, Москва, 1988 г., - 200 с.
9. Гриценко А.И., Истомин В.А., Кульков А.Н., Сулейманов Р.С. Сбор и промысловая подготовка газа на северных месторождениях России, - М.: Недра, 1999. – 473 с.

10. Бобрицкий Н.В., Юфин В.А. Основы нефтяной и газовой промышленности. - М.: Недра, Москва, 1988 г., 200 с.
11. Педаш Д.С. Анализ эффективности методов подготовки природного газа в условиях крайнего севера на примере газового месторождения Каменномысское-море (ЯНАО): диссертация – Томск, – 2018. – 123 с.
12. Таганов Г.И., Межиров И.И., Харитонов В.Т. Экспериментальное исследование газового эжектора. // Сборник работ по исследованию сверхзвуковых газовых эжекторов. – 1961. – №4 – С. 119–122
13. Куканов Ф.А., Межиров И.И., Харитонов В.Т. Экспериментальное исследование эжекторов со сверхзвуковыми соплами эжектирующего газа // Сборник работ по исследованию сверхзвуковых газовых эжекторов. – 1961. – №4 – С. 126–131
14. Васильев Ю.Н., Ляляков Ю.А. Экспериментальное исследование эжекторов со сверхзвуковыми соплами эжектирующего газа // Сборник работ по исследованию сверхзвуковых газовых эжекторов. – 1983. – №5 – С. 47–57
15. Васильев Ю.Н. Теория газового эжектора с цилиндрической камерой смешения // Лопаточные машины и струйные аппараты. – М.: Машиностроение, – 1967. – №2. – С. 171–235.
16. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям «Добыча природного газа» – М.:Бюро НДТ – 2017. – 276 с.
17. Кобилев Х. Х., Гойибова Д. Ф., Назарова А. П. Низкотемпературная сепарация углеводородов из природного и нефтяного попутных газов // Молодой ученый. — 2015. — №7. — С. 153-155.
18. Борисов Д.С. Анализ эффективности подготовки газа на северных месторождениях на примере среднетюнгского газоконденсатного месторождения (Республика Саха-Якутия) // Проблемы геологии и освоения недр —2016.— С. 60-61.
19. Соколов Е.Я., Зингер Н.М., Струйные аппараты. - М.: Энергоатомиздат, Москва, 1989 г., 352 с.

20. Крепша Н.В. Безопасность жизнедеятельности. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавров и магистров Института природных ресурсов. - Томск: Изд-во ТПУ, 2014. - 53 с.
21. - Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
22. ГОСТ 12.0.003–74. ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация (с Изменением №1). - М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 4 с.
23. Технологический регламент «Участок комплексной подготовки газа Мыльджинского нефтегазоконденсатного месторождения». 2016. – 567 с.
24. ГОСТ 12.1.003-2014. ССБТ. Шум. Общие требования безопасности - М.: Стандартиформ, 2015. – 27 с.
25. ГОСТ 12.1.012-2004. ССБТ. Вибрационная безопасность. Общие требования. - М.: Стандартиформ, 2008. – 26 с.
26. Официальный интернет-сайт муниципалитета г. Томска. [Электронный ресурс] / Постановления Администрации Томской области от 11.02.2011 г. №29а. Режим доступа: <http://www.admin.tomsk.ru/docbase/regiondoc.nsf/url/AP201129> - Загл. с экрана.
27. ГОСТ ИЕС 61140-2012. Защита от поражения электрическим током. Общие положения безопасности установок и оборудования. - М.: Стандартиформ, 2014. – 24 с.
28. ГОСТ 12.1.007-76. ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (с изм. 1990 г.). - М.: Стандартиформ, 2007. - 7 с.
29. ГОСТ Р 51330.11-99. Электрооборудование взрывозащищенное. Часть 12. Классификация смесей газов и паров с воздухом по безопасным экспериментальным максимальным зазорам и минимальным воспламеняющим токам. - М.: Стандартиформ, 2003. - 9 с.

30. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. - М.: ГУГПС и ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. - 24 с.
31. НПБ 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. - М.: ГУГПС и ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2003. - 24 с.
32. РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений. - М.: ГОСЭНЕРГОНАДЗОР, 1995. - 46 с.
33. РД 39-22-113-78. Временные правила защиты от проявлений статического электричества на производственных установках и сооружениях нефтяной и газовой промышленности. - М., 1979. – 19 с.
34. Федеральный закон от 21.07.1997 № 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017) «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
35. РД 04-355-00. Методические рекомендации по организации производственного контроля за соблюдением требований промышленной безопасности на опасных производственных объектах. - М.: ЗАО НТЦ ПБ, 2010. - 12 с.
36. ПБ 08-624-03. Правил безопасности в нефтяной и газовой промышленности. - М.: ПИО ОБТ, 2003. - 167 с.