

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
Специальность 21.03.01 Нефтегазовое дело
Отделение школы: Отделение нефтегазового дела

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы Повышение эффективности абсорбционной осушки газа на Ямбургском нефтегазоконденсатном месторождении (ЯНАО)
--

УДК 622.279.8:66.074.5.081.3(571.121)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б8Д	Бальжиев Сандак Вячеславович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОНД	Носова О.В.			

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук И.В.	к. т. н. ДОЦЕНТ		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев М.В.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОНД	Максимова Ю.А.			

Универсальные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Системное и критическое мышление	УК(У)-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	И.УК(У)-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие
		И. УК(У)-1.2 Осуществляет поиск, выделяет и ранжирует информацию на основе системного подхода и методов познания для решения задач по различным типам запросов
		И.УК(У)-1.3 Обосновывает выводы, интерпретации и оценки о научных исследованиях, публикациях и т.д., на основе критериев и базовых методов аргументации
		И.УК(У)-1.4 Анализирует и контекстно обрабатывает информацию для решения поставленных задач с формированием собственных мнений и суждений; предлагает варианты решения задачи, анализирует возможные последствия их использования
		И.УК(У)-1.5 Анализирует пути решения проблем мировоззренческого, нравственного и личностного характер на основе использования основных философских идей и категорий в их историческом развитии и социально-культурном контексте
Разработка и реализация проектов	УК(У)-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	И.УК(У)-2.1. Формулирует проблему, решение которой напрямую связано с достижением цели проекта
		И.УК(У)-2.2. Определяет связи между поставленными задачами и ожидаемые результаты их решения
		И.УК(У)-2.3. В рамках поставленных задач определяет имеющиеся ресурсы и ограничения, действующие правовые нормы
		И.УК(У)-2.4. Анализирует план-график реализации проекта в целом и выбирает оптимальный способ решения поставленных задач, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений
		И. УК(У)-2.5. Контролирует ход выполнения проекта, корректирует план-график в соответствии с результатами контроля
Командная работа и лидерство	УК(У)-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	И.УК(У)-3.1. Определяет свою роль в команде, исходя из стратегии сотрудничества для достижения поставленной цели
		И.УК(У)-3.2. Формулирует и учитывает в своей деятельности особенности поведения групп людей, выделенных в зависимости от поставленной цели
		И.УК(У)-3.3. Анализирует возможные последствия личных действий и планирует свои действия для достижения заданного результата
		И.УК(У)-3.4. Осуществляет обмен информацией, знаниями и опытом с членами команды;

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
		аргументирует свою точку зрения относительно использования идей других членов команды для достижения поставленной цели
		И.УК(У)-3.5. Участвует в командной работе по выполнению поручений
Коммуникация	УК(У)-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах)	И.УК(У)-4.1. Выбирает стиль делового общения, в зависимости от языка общения, цели и условий партнерства; адаптирует речь, стиль общения и язык жестов к ситуациям взаимодействия
		И.УК(У)-4.2. Осуществляет поиск необходимой информации для решения стандартных коммуникативных задач на государственном и иностранном языках
		И.УК(У)-4.3. Выполняет перевод профессиональных текстов с иностранного языка на государственный
		И.УК(У)-4.4. Ведет деловую переписку на государственном и иностранном языках с учетом особенностей стилистики официальных и неофициальных писем и социокультурных различий в формате корреспонденции
		И.УК(У)-4.5. Использует диалог для сотрудничества в академической коммуникации общения с учетом личности собеседников, их коммуникативно-речевой стратегии и тактики, степени официальности обстановки; формирует и аргументирует собственную оценку основных идей участников диалога (дискуссии) в соответствии с потребностями совместной деятельности
Межкультурное взаимодействие	УК(У)-5. Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально- историческом, этическом и философском контекстах	И.УК(У)-5.1. Интерпретирует историю России в контексте мирового исторического развития
		И.УК(У)-5.2. Находит и использует при социальном и профессиональном общении информацию о культурных особенностях и традициях различных социальных групп
		И.УК(У)-5.3. Учитывает при социальном и профессиональном общении по заданной теме историческое наследие и социокультурные традиции различных социальных групп, этносов и конфессий, включая мировые религии, философские и этические учения
		И.УК(У)-5.4. Осуществляет сбор информации по заданной теме с учетом этносов и конфессий, наиболее широко представленных в точках проведения исследования; обосновывает особенности проектной и командной деятельности с представителями других этносов и (или) конфессий
		И.УК(У)-5.5. Придерживается принципов недискриминационного взаимодействия при личном и массовом общении в целях выполнения

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
		профессиональных задач и усиления социальной интеграции
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровьесбережение)	УК(У)-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни	<p>И.УК(У)-6.1. Контролирует количество времени, потраченного на конкретные виды деятельности; вырабатывает инструменты и методы управления временем при выполнении конкретных задач, проектов, целей;</p> <p>И.УК(У)-6.2. Анализирует свои ресурсы и их пределы (личностные, ситуативные, временные и т.д.), для успешного выполнения порученной работы</p> <p>И.УК(У)-6.3. Находит и использует источники получения дополнительной информации для повышения уровня общих и профессиональных знаний</p> <p>И.УК(У)-6.4. Анализирует основные возможности и инструменты непрерывного образования применительно к собственным интересам и потребностям с учетом условий, средств, личностных возможностей, этапов карьерного роста, временной перспективы развития деятельности и требований рынка труда</p> <p>И.УК(У)-6.5. Определяет задачи саморазвития, цели и приоритеты профессионального роста; распределяет задачи на долго-, средне- и краткосрочные с обоснованием актуальности и анализа ресурсов для их выполнения</p>
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровьесбережение)	УК(У)-7. Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности	<p>И.УК(У)-7.1. Выбирает здоровьесберегающие технологии для поддержания здорового образа жизни с учетом физиологических особенностей организма</p> <p>И.УК(У)-7.2. Планирует свое рабочее и свободное время для оптимального сочетания физической и умственной нагрузки и обеспечения работоспособности</p> <p>И.УК(У)-7.3. Соблюдает и пропагандирует нормы здорового образа жизни в различных жизненных ситуациях и в профессиональной деятельности</p>
Безопасность жизнедеятельности	УК(У)-8. Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций	<p>И.УК(У)-8.1. Анализирует факторы вредного влияния на жизнедеятельность элементов среды обитания (технических средств, технологических процессов, материалов, зданий и сооружений, природных и социальных явлений)</p> <p>И.УК(У)-8.2. Идентифицирует опасные и вредные факторы в рамках выполняемого задания</p> <p>И.УК(У)-8.3. Выявляет и устраняет проблемы, связанные с нарушениями техники безопасности на рабочем месте; разъясняет мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций</p> <p>И.УК(У)-8.4. Разъясняет правила поведения при возникновении чрезвычайных ситуаций природного и техногенного происхождения;</p>

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
		оказывает первую помощь, участвует в восстановительных мероприятиях
Дополнительная компетенция университета	УК(У)-9. Способен проявлять предприимчивость в профессиональной деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи	И.УК(У)-9.1. Выявляет проблему, ставит цель для оптимального решения проблемы, находит и распределяет ресурсы для достижения цели, и достигает эту цель, воспринимая изменения внешней среды и гибко реагируя на эти изменения
		И.УК(У)-9.2. Разрабатывает коммерчески перспективный продукт на основе научно-технической идеи и ведет проектную деятельность по направлению профессиональной деятельности

Общепрофессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Категория компетенций	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Применение фундаментальных знаний	ОПК(У)-1. Способен решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, применяя методы моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общинженерные знания	И.ОПК(У)-1.1. Применяет математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного в инженерной деятельности
		И.ОПК(У)-1.2. Применяет математический аппарат теории вероятностей и математической статистики в инженерной деятельности
		И.ОПК(У)-1.3. Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, основ оптики, квантовой механики и атомной физики в инженерной деятельности
		И.ОПК(У)-1.4. Демонстрирует понимание химических процессов и применяет основные законы химии
		И.ОПК(У)-1.5. Демонстрирует знание основ теоретической механики, теории механизмов и машин, сопротивления материалов, деталей машин и основ конструирования и применяет их при решении практических задач
		И.ОПК(У)-1.6. Демонстрирует знание основных правил построения и оформления эскизов, чертежей и схем в соответствии с требованиями стандартов
		И.ОПК(У)-1.7. Выполняет эскизы, чертежи и схемы в соответствии с требованиями стандартов с использованием средств автоматизации проектирования
Техническое проектирование	ОПК(У)-2. Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических, социальных и других ограничений	И.ОПК(У)-2.1. Участвует в сборе и обработке первичных материалов по заданию руководства проектной службы
		И.ОПК(У)-2.2. Анализирует ход реализации требований рабочего проекта при выполнении технологических процессов, в силу своей

		компетенции вносит корректировку в проектные данные
		И.ОПК(У)-2.3. Оценивает сходимость результатов расчетов, получаемых по различным методикам
		И.ОПК(У)-2.4. Обладает навыками работы с ЭВМ, используя новые методы и пакеты программ
Когнитивное управление	ОПК(У)-3. Способен участвовать в управлении профессиональной деятельностью, используя знания в области проектного менеджмента	И.ОПК(У)-3.1. Использует основы логистики, применительно к нефтегазовому предприятию, когда основные технологические операции совершаются в условиях неопределенности
		И.ОПК(У)-3.2. Применяет на практике элементы производственного менеджмента
		И.ОПК(У)-3.3. Обладает навыками управления персоналом в небольшом производственном подразделении
		И.ОПК(У)-3.4. Находит возможность сочетания выполнения основных обязанностей с элементами предпринимательства
Использование инструментов и оборудования	ОПК(У)-4. Способен проводить измерения и наблюдения, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	И.ОПК(У)-4.1. Сопоставляет технологию проведения типовых экспериментов на стандартном оборудовании в лаборатории и на производстве
		И.ОПК(У)-4.2. Обрабатывает результаты научно-исследовательской деятельности, используя стандартное оборудование, приборы и материалы
		И.ОПК(У)-4.3. Владеет техникой экспериментирования с использованием пакетов программ
Исследование	ОПК(У)-5. Способен решать задачи в области профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств	И.ОПК(У)-5.1. Применяет современные информационные технологии и программное обеспечение при решении задач профессиональной деятельности
		И.ОПК(У)-5.2. Использует знания о составах и свойствах нефти и газа, основные положения метрологии, стандартизации, сертификации нефтегазового производства
		И.ОПК(У)-5.3. Владеет методами оценки риска и управления качеством исполнения технологических операций
		И.ОПК(У)-5.4. Использует основные технологии поиска, разведки и организации нефтегазового производства в России и за рубежом, стандарты и ТУ, источники получения информации, массмедийные и мультимедийные технологии
Принятие решений	ОПК(У)-6. Способен принимать обоснованные технические решения в профессиональной деятельности, выбирать эффективные и безопасные технические средства и технологии	И.ОПК(У)-6.1. Демонстрирует знания сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, опасностей и угроз, возникающих в этом процессе, основных требований информационной безопасности

		И.ОПК(У)-6.2. Решает стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением современных технологий и требований информационной безопасности
Применение прикладных знаний	ОПК(У)-7. Способен анализировать, составлять и применять техническую документацию, связанную с профессиональной деятельностью, в соответствии с действующими нормативными правовыми актами	И.ОПК(У)-7.1. Использует основные виды и содержание макетов производственной документации, связанных с профессиональной деятельностью

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения

Область и сфера профессиональной деятельности	Задача профессиональной деятельности	Основание - профессиональный стандарт, анализ опыта	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
Тип задач профессиональной деятельности: технологический				
19 Добыча, переработка, транспортировка нефти и газа	1. Формирование отчетности по добыче углеводородного сырья 2. Обеспечение технологического режима работы скважин	19.007 Профессиональный стандарт «Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата» (Утвержден приказом Минтруда России от 03.09.2018 № 574н); ОТФ А «Документационное обеспечение добычи углеводородного сырья»	ПК(У)–1. Способен осуществлять и корректировать технологические процессы нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	И.ПК(У)-1.1 Решает технические задачи и корректирует технологические процессы при эксплуатации скважин и линейных сооружений
	3. Обеспечение выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту нефтепромыслового оборудования 4. Выполнение диагностического обследования оборудования по добыче углеводородного сырья	19.007 Профессиональный стандарт «Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата» (Утвержден приказом Минтруда России от 03.09.2018 № 574н); ОТФ В «Обеспечение добычи углеводородного сырья»	ПК(У)–2. Способен проводить работы по диагностике, техническому обслуживанию, ремонту и эксплуатации технологического оборудования в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	И.ПК(У)-2.1 Проводит диагностику, текущий осмотр и ремонт технологического оборудования, используемого в процессах добычи нефти, газа и газового конденсата
	5. Контроль и выполнение производственных показателей подразделениями по добыче нефти, газа и газового конденсата 6. Обеспечение оперативного и инженерного безопасного	19.007 Профессиональный стандарт «Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата» (Утвержден приказом Минтруда России от 03.09.2018 № 574н); ОТФ В «Обеспечение добычи углеводородного сырья»	ПК(У)–3. Способен выполнять работы по контролю безопасности работ при проведении технологических процессов нефтегазового производства в соответствии с выбранной сферой	И.ПК(У)-3.1 Выполняет работы по контролю безопасности для предотвращения и ликвидации аварийных ситуаций в технологических процессах добычи нефти, газа и газового конденсата

Область и сфера профессиональной деятельности	Задача профессиональной деятельности	Основание - профессиональный стандарт, анализ опыта	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
	сопровождения технологического процесса добычи нефти, газа и газового конденсата		профессиональной деятельности	
	7. Организационно-техническое обеспечение добычи углеводородного сырья 8. Сбор, интерпретация и обобщение геолого-промысловой информации	19.007 Профессиональный стандарт «Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата» (Утвержден приказом Минтруда России от 03.09.2018 № 574н); ОТФ С «Организационно-техническое сопровождение углеводородного сырья»	ПК(У)–4. Способен применять процессный подход в практической деятельности, сочетать теорию и практику в соответствии с выбранной сферой профессиональной деятельности	И.ПК(У)-4.1 Сочетает геолого- промысловую теорию и практику при совершенствовании технологических операций и осуществлении процессов нефтегазового производства в области разработки и эксплуатации месторождений нефти и газа
	8. Сбор, интерпретация и обобщение геолого-промысловой информации 9. Составление геологических отчетов	19.007 Профессиональный стандарт «Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата» (Утвержден приказом Минтруда России от 03.09.2018 № 574н); ОТФ С «Организационно-техническое сопровождение углеводородного сырья» 19.021 Профессиональный стандарт «Специалист по промысловой геологии» ОТФ А «Комплексирование геолого-промысловых данных и построение моделей нефтегазовых залежей» ОТФ В «Организация геолого-промысловых работ»	ПК(У)–5. Способен обеспечивать и контролировать выполнение показателей разработки месторождений и производственных процессов при эксплуатации скважин	И.ПК(У)-5.1 Обеспечивает заданные режимы, оперативный контроль за выполнением производственных показателей при разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений углеводородного сырья

Область и сфера профессиональной деятельности	Задача профессиональной деятельности	Основание - профессиональный стандарт, анализ опыта	Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
	<p>10. Подготовка предложений по повышению эффективности процесса добычи и работы оборудования по добыче углеводородного сырья</p> <p>11. Составление текущих планов по проведению геолого-промысловых работ и добыче углеводородного сырья</p>	<p>19.007 Профессиональный стандарт «Специалист по добыче нефти, газа и газового конденсата» (Утвержден приказом Минтруда России от 03.09.2018 № 574н);</p> <p>ОТФ В «Обеспечение добычи углеводородного сырья»</p> <p>19.021 Профессиональный стандарт «Специалист по промысловой геологии»</p> <p>ОТФ В «Организация геолого-промысловых работ»</p>	<p>ПК(У)-6. Способен обеспечивать выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту, диагностическому обследованию оборудования, проводить организационно-техническое обеспечение процесса добычи углеводородного сырья</p>	<p>И.ПК(У)-6.1 Участвует в организационно-техническом сопровождении работ по восстановлению работоспособности нефтегазового оборудования в сфере эксплуатации объектов добычи нефти и газа</p>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Инженерная школа природных ресурсов
 21.03.01 Нефтегазовое дело
 Нефтегазовое дело

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Максимова Ю.А.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Б8Д	Бальжиеву Сандаку Вячеславовичу

Тема работы:

Повышение эффективности абсорбционной осушки газа на Ямбургском нефтегазоконденсатном месторождении (ЯНАО)	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	09.03.2022 №68-67/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	17.06.2022
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Физико-химические свойства входного сырья; 2. Требования к качеству подготовки газа ОСТ 089-2010; 3. Технологический регламент ГП Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения; 4. Научная литература, нормативные документы.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Общие сведения о Ямбургском нефтегазоконденсатном месторождении; 2. Способы осушки природного газа; 3. Повышение эффективности абсорбционной осушки; 4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; 5. Социальная ответственность.

Перечень графического материала	<ol style="list-style-type: none"> 1. Изменение пластового давления с учетом добуривания скважин Ямбургского месторождения; 2. Максимальное содержание водяных паров в зависимости от давления и температуры; 3. Упрощенная технологическая схема осушителя с твердым слоем; 4. Типичный гликолевый абсорбер; 5. Система регенерации гликоля; 6. Технологическая модель осушки газа на Ямбургском месторождении.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.	Кащук Ирина Вадимовна
Социальная ответственность.	Гуляев Милий Всеволодович
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	

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

Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОНД	Носова Оксана Владимировна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б8Д	Бальжиев Сандак Вячеславович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 110 страницы, 18 рисунков, 28 источников литературы.

Ключевые слова: природный газ, абсорбционная осушка, абсорбент, абсорбер, установка осушки газа, диэтиленгликоль, температура точки росы газа по воде, моделирование, Honeywell Unisim Design.

Объектом исследования является установка подготовки природного газа к транспорту на Ямбургском нефтегазоконденсатном месторождении.

Предметом исследования является оценка влияния изменения параметров на работу абсорбционной колонны.

Целью выпускной квалификационной работы является повышение эффективности абсорбционной осушки газа на УКПГ-7.

В процессе исследования проводилось технологическое моделирование осушки газа и оптимизация его работы в программной среде «Honeywell Unisim Design».

В результате исследования выяснено, что подбор оптимальных параметров позволит повысить эффективность абсорбционной осушки газа.

Основные технологические и технико-эксплуатационные характеристики: моделирование проводилось в соответствии с технологическим регламентом установки комплексной подготовки газа №7.

Область применения: результаты могут быть использованы на УКПГ-7.

Экономическая эффективность работы заключается в том, что данная оптимизация процесса позволит сохранить значительную часть затрат, связанных с повышением эффективности абсорбционной осушки газа.

Обозначения, определения, сокращения

АВО – аппараты воздушного охлаждения;

ГП – газовый промысел;

ДКС – дожимная компрессорная станция;

ДЭГ – диэтиленгликоль;

ЗПА – здание переключающей арматуры;

ММП – многолетнемерзлые породы;

НГКМ – нефтегазоконденсатное месторождение;

НД – нормативная документация;

ППА – пункт переключающей арматуры;

ТЭГ – триэтиленгликоль;

УКПГ – установка комплексной подготовки газа;

УППГ – установка предварительной подготовки газа;

ЭГ – этиленгликоль;

ЯНГКМ – Ямбургское нефтегазоконденсатное месторождение.

Содержание

Реферат	12
Введение	17
1 Общие сведения о ямбургском нефтегазоконденсатном месторождении	19
1.1 Геолого-промысловая характеристика месторождения.....	19
1.2 Определение проблемы и задачи исследования.....	20
1.3 Параметры газа.....	23
1.3.1 Характеристика исходного сырья.....	23
1.3.2 Характеристика изготавливаемой продукции	23
2 Способы осушки природного газа	26
2.1 Адсорбция	29
2.1.1 Описание процесса	29
2.1.2 Твердые осушители	33
2.2 Гликолевая осушка	34
2.2.1 Описание процесса	35
2.2.2 Выбор гликоля	40
2.3 Факторы, влияющие на эффективность осушки	43
2.3.1 Температура контакта газ-абсорбент.....	43
2.3.2 Давление в абсорбере	43
2.3.3 Концентрация абсорбента	44
2.3.4 Расход абсорбента.....	45
3 Повышение эффективности абсорбционной осушки	46
3.1 Методика исследования.....	46
3.2 Программная среда «Honeywell Unisim Design»	46
3.3 Процесс осушки газа на УКПГ-7	47
3.4 Анализ влияния температуры контакта газ-абсорбент на эффективность осушки	50
3.5 Анализ влияния давления в абсорбере на эффективность осушки	52
3.6 Анализ влияния концентрации регенерированного абсорбента на эффективность осушки	54
3.7 Анализ влияния расхода регенерированного абсорбента на эффективность осушки	56
3.8 Подбор оптимальных параметров осушки газа.....	57

3.9	Результаты исследования	59
4	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	62
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	63
4.1.1	Анализ конкурентных технических решений	63
4.1.2	Технология QuaD	64
4.1.3	SWOT-анализ	66
4.2	Планирование научно-исследовательских работ	69
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования.....	69
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	70
4.3	Бюджет научно-технического исследования.....	73
4.3.1	Расчет материальных затрат научно-технического исследования	74
4.3.2	Расчет амортизации специального оборудования	74
4.3.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	75
4.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды	78
4.3.5	Накладные расходы	79
4.3.6	Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	80
4.4	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ..	81
4.5	Выводы по разделу	84
5	Социальная ответственность	88
	Введение	88
5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности ...	88
5.2	Производственная безопасность	89
5.3	Анализ опасных и вредных производственных факторов	90
5.3.1	Повышенный уровень шума.....	90
5.3.2	Повышенный уровень вибрации.....	91
5.3.3	Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека.....	92
5.3.4	Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения.....	93

5.3.5	Производственные факторы, связанные с электрическим током	94
5.3.6	Сосуды под давлением	96
5.3.7	Взрывопожаробезопасность	98
5.4	Экологическая безопасность	100
5.4.1	Защита атмосферы	101
5.4.2	Защита гидросферы	102
5.4.3	Защита литосферы	103
5.5	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	103
	Вывод по разделу	105
	Заключение	106
	Список литературы	108

ВВЕДЕНИЕ

Газовая промышленность является важной отраслью экономики России. По статистической оценке, «British Petroleum» за 2021 год мировой объем разведанных запасов природного газа составляет 188,1 трлн м³. Россия занимает первое место по запасам голубого топлива, запасы которой равны 37,4 трлн м³. По объему годовой добычи в том же году Россия уступила лишь США, достигнув отметки в 638,5 млрд м³. По сравнению с 2019 годом прирост добычи газа Российской Федерации составил 6,3 % [1].

Ямало-Ненецкий автономный округ – это регион, в котором сосредоточена большая часть отечественных запасов природного газа. На его территории расположено абсолютное большинство работающих ныне месторождений. Некоторые месторождения находятся на начальной стадии либо готовятся к разработке. Но всё большее количество месторождений переходят на завершающую стадию, где добыча газа стабильно падает, к такому относится и Ямбургское нефтегазоконденсатное месторождение [2,3].

Период падающей добычи характеризуется следующими особенностями: снижение дебитов скважин, пластовых, забойных и устьевых давлений; падение отборов газа по причине истощения месторождения; повышенное влагосодержание газа; загрязнение диэтиленгликоля вследствие обводнённости скважин и т.д.

Водяные пары, содержащиеся в природном газе, зависят от температуры, давления и от времени разработки. В связи с этим газовые и газоконденсатные месторождения, находящиеся на завершающей стадии разработки, особенно подвержены повышенному влагосодержанию.

Температура точки росы должна регламентироваться со стандартами СТО Газпром 089-2010. В противном случае выносимая с потоком газа пластовая вода создаст широкий спектр проблем, благодаря которым

достижение регламентирующей температуры точки росы газа по воде становится более трудоемким. К таким проблемам относят следующие:

- образование гидратов и конденсатных пробок;
- возникает необходимость более частой замены абсорбента;
- коррозия оборудования из-за наличия пластовой воды
- повышение энергетических затрат на функционирование оборудования.

Вышеперечисленные факторы определяют актуальность проблемы повышения абсорбционной осушки природного газа. Кроме того, в условиях сурового заполярного климата и вечной мерзлоты наиболее важную роль приобретают вопросы обеспечения надежности, промышленной и экологической безопасности.

Объектом исследования является установка подготовки природного газа к транспорту на Ямбургском нефтегазоконденсатном месторождении.

Предметом исследования является оценка влияния изменения параметров на работу абсорбционной колонны.

Целью выпускной квалификационной работы является повышение эффективности абсорбционной осушки газа на УКПГ-7.

Для достижения данной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить особенности разработки Ямбургского месторождения;
- создать модель установки осушки газа в программе «Honeywell Unisim Design»;
- проанализировать влияние температуры контакта газ-абсорбент, давления в абсорбере, расхода и концентрации осушителя на температуру точки росы и количество уносимого с газом осушителя;
- повысить эффективность осушки газа абсорбционной осушкой подбором оптимальных параметров и определить положительный эффект от данной оптимизации;

1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЯМБУРГСКОМ НЕФТЕГАЗОКОНДЕНСАТНОМ МЕСТОРОЖДЕНИИ

1.1 Геолого-промысловая характеристика месторождения

Ямбургское месторождение – месторождение газа, нефти и газового конденсата, расположенное на Тазовском полуострове, в Заполярной части Западносибирской низменности. Расположено в 60 км северо-западнее Уренгойского месторождения и в 330 км северо-восточнее от г. Салехард.

Расположение месторождения соответствует субарктической климатической зоне. Ландшафт представляет собой тундровую низменную равнину с густой сетью рек, ручьев, озер и болот.

Самым холодным месяцем является январь, средняя температура которого достигает отметку минус 25 °С. Также наблюдается частое уменьшение температуры до 55 °С и ниже. В январе 2006 года была зафиксирована минусовая температура в 63 °С. Промышленное содержание газа было установлено в сеноманских и неокомских отложениях. Размеры месторождения составляют 8500 квадратных километров [6].

Тундровая зона, в которой расположено данное месторождение, характеризуется наличием многолетнемерзлых пород. Глубина залегания кровли таких пород составляет 0,3-1,5 м, а в долинах больших рек – от 2 до 6 м и более. Подошва ММП изменяется в диапазоне 318-465 м.

Гидрографическая сеть района месторождения обусловлена наличием рек Пойловояха и Хадуттэ, с многочисленными притоками, которые впадают в Тазовскую губу. Регион характерен большим количеством озер, предрасположенность которых находится на водораздельных пространствах и по долинам крупных рек. Минимальная глубина озер составляет 0,5 м, в то время как максимальная – 5,6 м.

Обустройство месторождения спроектирована централизованным водоснабжением объектов газового промысла с водозабора на Омской губе.

Месторождение характеризуется наличием породами четвертичных отложений, что служит материалом для строительного сырья.

В настоящее время недропользователем ЯНГКМ является компания ООО «Газпром добыча Ямбург» – стопроцентная дочерняя компания ПАО «Газпром» [7].

1.2 Определение проблемы и задачи исследования

Разработка Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения была начата в 1980 году. В тот период начальные отборы газа на период эксплуатации в газовом промысле №7 варьировались в пределах 24-30 млрд. м³/год, но к сегодняшнему дню месторождение находится на стадии падающей добычи газа, являющейся причиной стремительного уменьшения отбора, и в соответствии с показателями проекта разработки составляют 6,8-3,5 млрд. м³/год. Стадия падающей добычи газа характеризуется не только уменьшением давления и температуры, но и увеличением влагосодержания газа. Так, в начальный период эксплуатации УКПГ-7 давление в пласте равнялось 11,73 МПа. К периоду 2018-2022 гг. оно снизилось до 1,5-1,8 МПа [9].

При высоком влагосодержании одним из самых распространенных проблем, встречающихся в процессе разработки газовых и газоконденсатных месторождениях, является образование газогидратов. Газовыми гидратами называют твердые кристаллические вещества, состоящие из молекул природного газа и воды. Газогидраты закупоривают рабочие пространства трубопроводов и аппаратов, уменьшая их пропускную способность вплоть до полного прекращения подачи газа, тем самым нарушая оптимальные условия эксплуатации объектов добычи, транспортировки и переработки газов [10].

На рисунке 1.1 приведен график изменения пластового давления с учетом добурирования скважин.

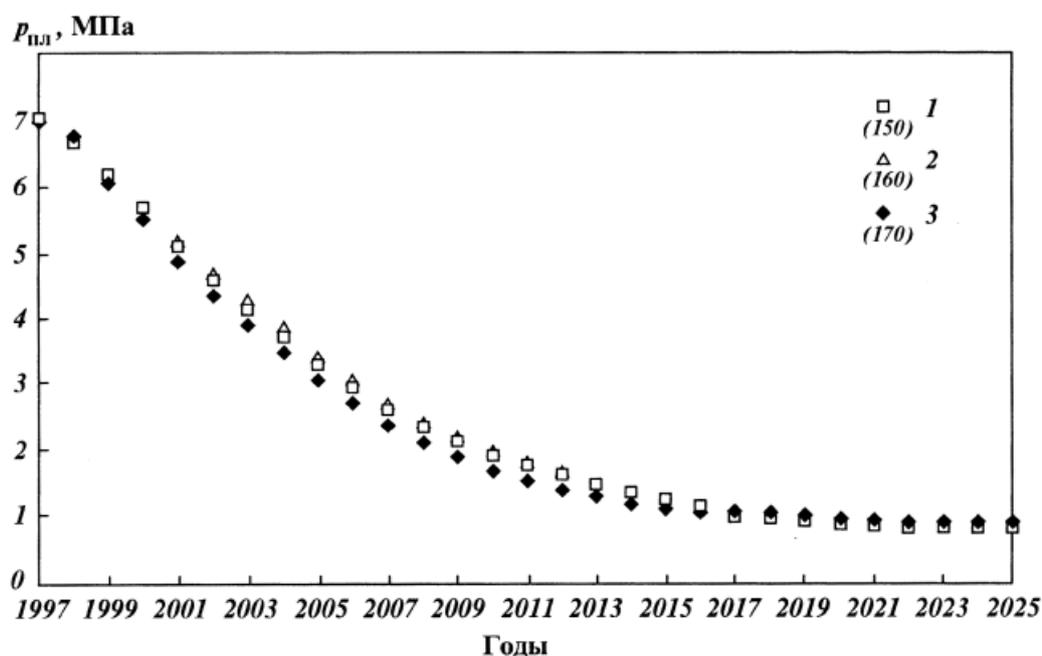


Рисунок 1.1 – Изменение пластового давления с учетом добуривания скважин Ямбургского месторождения [10]

Как известно, есть прямая зависимость между пластовым давлением и количеством выносимой с газом пластовой воды: снижение первого влечет за собой увеличение другого. На рисунке 1.2 приведена зависимость влагосодержания от пластовых условий [10]. С понижением температуры и повышением влаги, которая содержится в газовом потоке, начинает конденсироваться, после чего может образовывать жидкостные пробки, снижающих пропускную способность газосборной сети и являющихся причиной внутренней коррозии труб.

Максимальное содержание водяных паров в газе в зависимости от давления и температуры

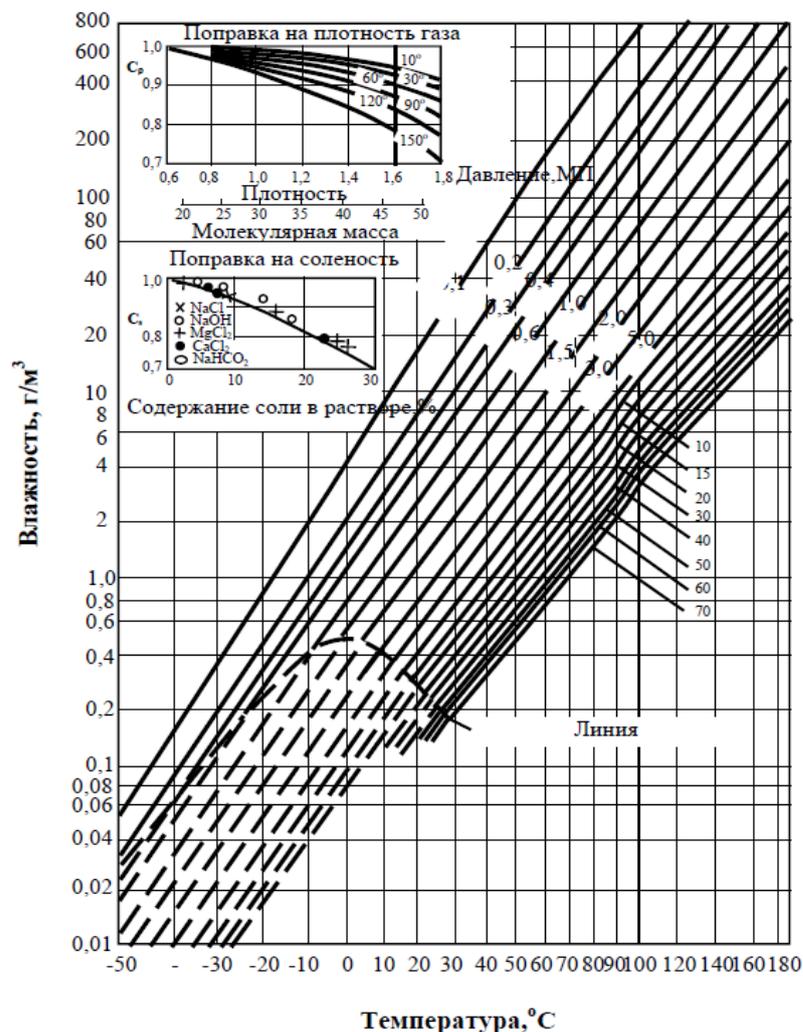


Рисунок 1.2 – Максимальное содержание водяных паров в зависимости от давления и температуры [8]

Таким образом, период падающей добычи газа на Ямбургском месторождении имеет ряд факторов, определяющие проблему повышения эффективности осушки газа методом абсорбции, а именно: с понижением давления и температуры увеличивается количество влагосодержания в потоке газа.

1.3 Параметры газа

1.3.1 Характеристика исходного сырья

1.3.2 Характеристика изготавливаемой продукции

Разделы 1.3.1-1.3.2 скрыты в связи с наличием конфиденциальной информации.

2 СПОСОБЫ ОСУШКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Назначением осушка газа является процесс извлечения водяных паров из газового потока путём снижения температуры, при которой происходит конденсация водяных паров и вода выпадает из газового потока. Данную температуру принято называть точкой росы. Наличие в газовом потоке влаги способствует к образованию гидратов, благодаря которым значительно осложняется процесс транспортировки и переработки газа [7].

Газовые гидраты, по внешнему виду напоминающие рыхлый лед, могут образовываться большинством газов, за исключением гелия, водорода, н-бутана, при определенных термобарических условиях с водой. Для природного газа компонентами гидратообразования являются метан CH_4 , этан C_2H_6 , пропан C_3H_8 , изобутан $(\text{CH}_3)_3\text{CH}$, азот N_2 , сероводород H_2S , диоксид углерода CO_2 , аргон Ar .

Осушка путем снижения температуры газа до значения ниже точки росы позволит предотвратить образование гидратов и коррозию со стороны водяного конденсата. Последнее соображение особенно важно для газовых потоков, содержащих CO_2 и H_2S , когда эти компоненты кислого газа образуют с водяным конденсатом кислоту [8]. Наличие сероводорода H_2S в газе способствует образованию гидратов, т.к. одним из его свойств является хорошая растворимость в воде.

Газ способен удерживать водяные пары до тех пор, пока не происходит сжатие его или охлаждение, благодаря этому можно удалить воду из газового потока. Однако часть водяных паров все еще насыщает газ, поэтому дальнейшее увеличение давления и уменьшение температуры приводит к появлению водяного конденсата.

Технологию осушки газа можно подразделить на две большие группы.

Абсорбция – осушка происходит с помощью жидкого гликоля. Примерами таких осушителей являются этиленгликоль, диэтиленгликоль, триэтиленгликоль, тетраэтиленгликоль.

Адсорбция – с помощью твердого вещества, например, силикагель, активированный глинозем, флюорит.

Использование той или другой технологией осушки газа определяется конкретными условиями переработки и транспорта газа на ГП и такими факторами, как производительность, давление, температура контакта газ-абсорбент, необходимой температурой точки росы, присутствием загрязняющих примесей.

При оценке и проектировании системы осушки первое внимание уделяется влагосодержанию газа, которое зависит от состава, давления и температуры газа. Если в составе природного газа находится более 70 % метана, то следует воспользоваться зависимостью влагосодержания от давления и температуры (рисунок 1.2).

Когда в составе газа находится более 5 % CO_2 и (или) H_2S , следует вводить поправку на кислые газы, обладающие высокой коррозионной активностью. Для определения влагосодержания в газе, содержащем кислые газы с суммарной концентрацией менее 40 %, можно воспользоваться рисунках 2.1 и 2.2.

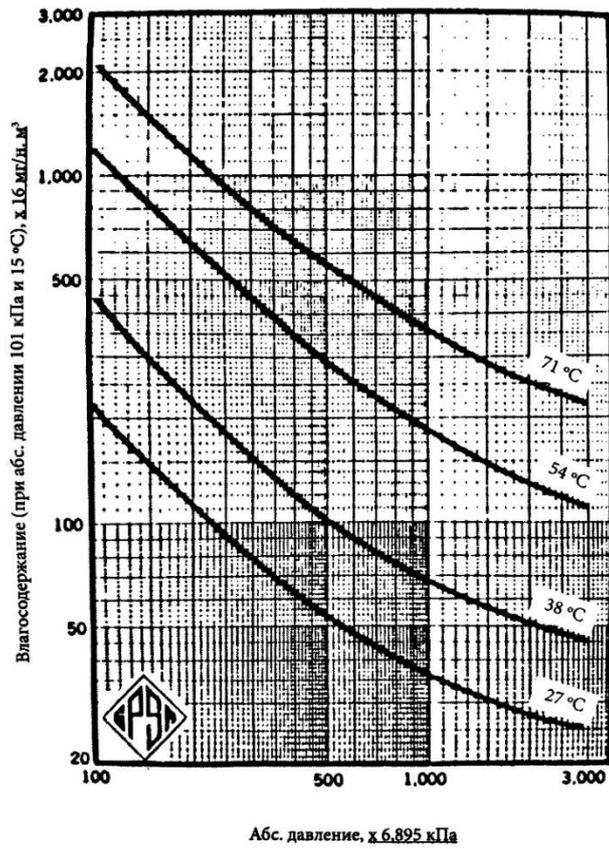


Рисунок 2.1 – Влагодержание CO₂ [8]

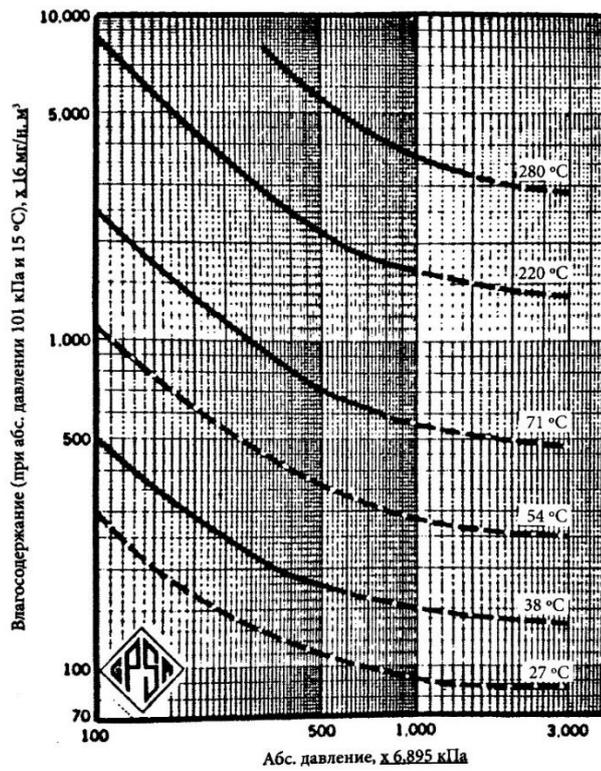


Рисунок 2.2 – Влагодержание H₂S [8]

2.1 Адсорбция

Системы осушки газа в твёрдом слое работают по принципу адсорбции.

Адсорбция представляет собой некий вид сцепления между поверхностью твёрдого осушителя и водяными парами, содержащимися в газе. Вода образует чрезвычайно тонкую плёнку, которая удерживается на поверхности осушителя силами притяжения, но какая-либо химическая реакция при этом отсутствует. Осушителем является твёрдый гранулированный осушающий или обезвоживающий материал с очень большой эффективной площадью поверхности, отнесённой к единице массы, что объясняется наличием множества микроскопических пор и капиллярных отверстий [8].

Начальная стоимость установки для осушки в твёрдом слое обычно превышает стоимость гликолевой установки. Однако преимущество твёрдого слоя заключается в возможности создания высокой депрессии точки росы по влаге (100–120 °С), очень низких температур точек росы, и в том, что слой легко приспосабливается к очень большим изменениям расхода газа. Сухой слой может справляться с очень высокими температурами контактирующего газа. К недостаткам относятся периодичность процесса, относительно большой перепад давления в системе и то, что осушители чувствительны к снижению сорбционной способности жидкостями и другими загрязнителями, находящимися в газе [8].

2.1.1 Описание процесса

Для осушки газа используются несколько установок со слоями осушителя-абсорбента, осушающих газ непрерывно. В зависимости от механической прочности и гидравлического сопротивления слоя адсорбента поглотитель может быть представлен как одним, так и несколькими слоями. Адсорбер должен обладать тремя функциями или циклами: осушка газа, нагрев (регенерация) и охлаждение [15].

Адсорбционная установка включает следующее оборудование:

1. Фильтр-сепаратор влажного газа.
2. Две или более адсорбционные колонны, заполненные твердым осушителем-адсорбентом.
3. Высокотемпературный нагреватель горячего регенерационного газа, предназначенного для восстановления активности адсорбента в колоннах.
4. Охладитель регенерационного газа, предназначенный для конденсации водяных паров из горячего регенерационного газа.
5. Сепаратор регенерационного газа, предназначенный для удаления сконденсировавшихся водяных паров из регенерационного газа.
6. Трубопроводы, коллекторы-распределители, задвижки и регулирующие клапаны, предназначенные для регулирования расходов газа и изменения направления течения в соответствии с требованиями технологического процесса [8].

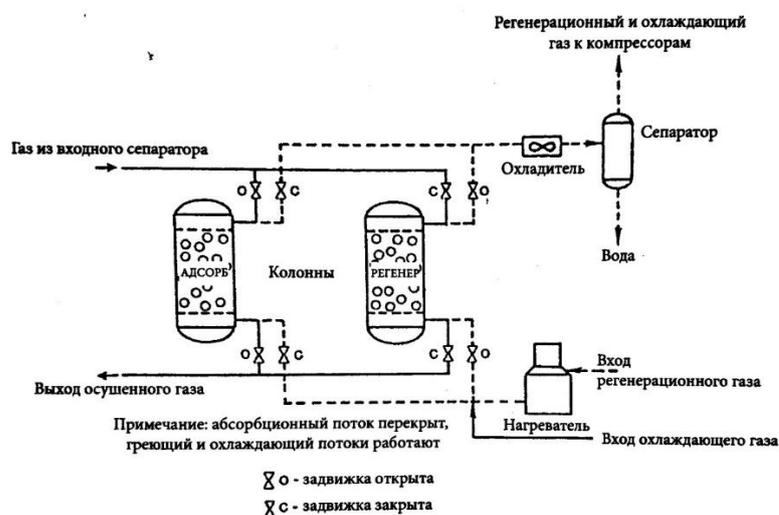


Рисунок 2.3 – Упрощенная технологическая схема осушителя с твердым слоем [8]

На рисунке 2.3 показана технологическая схема типичной двухколонной адсорбционной установки с твердым осушителем-адсорбентом. Для цикла осушки газа необходим входной сепаратор с целью удаления

жидкой фазы, которая состоит из капельной влаги и углеводородной жидкости, а также твердых частиц. Данному оборудованию уделяется особое внимание, так как абсорбент может повредиться или разрушиться в присутствии жидкости, а твердые частицы могут закупорить поры поглотителя.

В цикле адсорбции влажный газ протекает по колонне сверху вниз. Количество адсорбирующих компонентов зависит от их химической природы, размера их молекул и диаметра пор. Молекулы воды адсорбируются первыми в верхних слоях адсорбента. По мере того, как верхние слои осушителя насыщаются водой, пары воды, содержащиеся в потоке насыщенного газа, начинают вытеснять углеводороды, ранее адсорбированные в нижних слоях адсорбента [8].

Для каждого компонента входящего газового потока существует некий участок по глубине слоя (считая сверху вниз), на котором адсорбент насыщается данным компонентом. Высота слоя, начиная от насыщения и кончая началом адсорбции носит название зоны массообмена. Это просто зона или участок твердого слоя, на котором какой-либо компонент передает свою массу из газового потока к поверхности адсорбента.

При постоянном поступлении влажного газа зона массообмена перемещается по слою вниз, а вода вытесняет ранее адсорбированные газы, пока наконец весь слой не насытится водяными парами.

Когда весь слой будет полностью насыщен водяными парами, газ на выходе из колонны будет иметь такую же влажность, как и газ на входе в колонну. Совершенно очевидно, что прежде, чем слой адсорбента станет полностью насыщенным водою, колонны должны быть переключены с цикла адсорбции на цикл регенерации (нагрев и охлаждение) [8].

В то время как одна колонна будет осуществлять осушку газа, другие колонны будут нагреваться либо охлаждаться для достижения регенерации поглотителя. Когда какая-либо колонна переключается на цикл регенерации, некоторое количество влажного газа (т.е. входящий газ после входного

газового сепаратора) нагревается в высокотемпературном нагревателе до 230–315 °С и направляется в колонну, чтобы удалить в ней ранее адсорбированную воду. Когда температура в регенерируемой колонне возрастает, вода, находящаяся в порах осушителя, превращается в пар и поглощается природным газом. Этот газ покидает верхнюю часть колонны и охлаждается в охладителе регенерационного газа. При охлаждении газа регенерации уровень насыщенности водяными парами существенно снижается и пары конденсируются. Вода отделяется в сепараторе регенерационного газа, и холодный насыщенный регенерационный газ возвращается в цикл на осушку. Это может быть сделано в результате работы адсорбционной колонны при давлении, меньше давления в регенерируемой колонне, либо дополнительным сжатием регенерационного газа [8].

Как только слой описанным образом осушен, через колонну необходимо пропустить холодный газ, чтобы вернуть её в нормальный температурный режим (около 38–50 °С), прежде чем начать работу по осушке газа. В качестве охлаждающего газа можно использовать либо влажный газ, либо газ, который уже осушен. Если используется влажный газ, он должен быть осушен, после того как применялся с целью охлаждения. В горячей колонне этот газ не может быть осушен в достаточной степени [8].

Переключение слоёв регулируется программным регулятором, осуществляющим операции переключения в заданные моменты времени в цикле. Продолжительность разных фаз цикла может изменяться значительно. Более продолжительные фазы циклов требуют более объёмных слоёв, но зато увеличивают срок службы слоя. Типичный цикл с двумя колоннами может иметь 8-часовой период адсорбции с последующим 6-часовым периодом нагрева и 2-часовым периодом охлаждения с целью регенерации. В адсорбционных установках с тремя колоннами одна находится в стадии завершения регенерации, другая колонна работает со свежим слоем в адсорбционном цикле и третья колонна находится в середине цикла осушки.

В адсорберах может применяться внутренняя либо наружная теплоизоляция. Основное назначение внутренней теплоизоляции - снижение суммарной потребности в регенерационном газе и стоимости. Внутренняя теплоизоляция устраняет необходимость в нагреве и охлаждении стальных стенок сосуда адсорбера. Обычно в качестве внутренней теплоизоляции используется облицовка литым огнеупорным материалом. Чтобы предотвратить растрескивание облицовки, огнеупорный материал после нанесения должен быть правильно высушен.

2.1.2 Твердые осушители

Выбор адсорбента определяется в основном по экономическим соображениям и условиям технологического процесса.

Большинство поглотителей можно заменить, так как оборудование, спроектированное для одного адсорбента, нередко достигать поставленных задач с другими аналогами. В таблице 2.1 представлены наиболее распространенные адсорбенты и их ориентировочные показатели, необходимые при эскизном проектировании [8].

Таблица 2.1 – Свойства твердых осушителей – адсорбентов [8]

Осушитель	Объемная плотность, кг/м ³	Удельная теплоемкость, кДж/(кг*°С)	Диаметр, мм	Расчетная адсорбционная способность, % масс.	Температура регенерации, °С
Активированный глинозем	817	1,00	6,3-2,38	7	180-315
Флюорит	800	1,00	4,76-2,34	4-5	180+
Гель глинозема	833	1,00	3,1-6,3	7	180-450
Силикагель	720	0,92	4,76-2,34	7	180
Молекулярные сита (4А)	720	1,05	3,1	14	230-290

Все осушители обнаруживают снижение адсорбционной способности (расчётной дозы) с увеличением температуры. Молекулярные сита обычно

менее чувствительны к изменению температуры, а в наибольшей степени температура влияет на глинозёмы.

Глинозёмы и молекулярные сита действуют как катализатор в реакции H_2S с образованием COS . Когда слой адсорбента проходит регенерацию, сера остаётся в слое и забивает поры. Жидкие углеводороды забивают все типы адсорбентов, но молекулярные сита менее подвержены загрязнению жидкими углеводородами.

Силикагели в присутствии свободной воды раскалываются и испытывают химическое воздействие со стороны многих ингибиторов коррозии. Химическое воздействие постоянно разрушает силикагели. Другие осушители не так чувствительны к действию свободной воды и не подвержены химическому воздействию большинства ингибиторов коррозии. Однако, если температура регенерации недостаточно велика, для того чтобы десорбировать ингибитор, он может сорбированным адсорбентом и даже вызвать его коксование.

Все гели глинозёма, активированные глинозёмы и молекулярные сита испытывают химическое воздействие сильных минеральных кислот, и их адсорбционная способность быстро ухудшается. Промышленностью выпускаются специальные кислотоустойчивые осушители с молекулярными ситами.

2.2 Гликолевая осушка

Самый распространённый процесс осушки природного газа заключается в контакте этого газа с гигроскопической жидкостью, например, с одним из гликолей. Это абсорбционный процесс, в котором находящиеся в газовом потоке водяные пары растворяются в потоке относительно чистого жидкого гликолевого растворителя.

Гликолевая осушка относительно недорогая, так как воду можно легко выпарить из гликоля с помощью подведенного к нему тепла. Этот шаг называется регенерацией или десорбцией и позволяет извлечь гликоль для

повторного использования в процессе поглощения дополнительного количества воды с минимальной потерей гликоля [8].

При поглощении в процессе абсорбции водяными парами абсорбент называют насыщенным. При освобождении в процессе десорбции от водяных паров абсорбент называют регенерированным, что позволяет вернуть его на абсорбцию [11].

2.2.1 Описание процесса

Большинство процессов гликолевой осушки ведётся непрерывно. Иными словами, газ и гликоль протекают через аппарат (контактор или абсорбер) непрерывно. В абсорбере они вступают в контакт, и гликоль поглощает воду. Из абсорбера гликоль поступает в ребойлер (иногда именуемый десорбер или регенератор), в котором вода удаляется из гликоля, и затем регенерированный гликоль перекачивается назад в абсорбер, тем самым завершая цикл.

Абсорбер на ГП представляет собой многофункциональный колонный массообменный аппарат, состоящий из трех секций:

- нижняя (сепарационная секция), в которой проходит предварительная сепарация газа;
- средняя (массообменная секция), в которой осуществляется абсорбционная осушка газа;
- верхняя (фильтрующая секция) – очистки газа от ДЭГ, уносимого из массообменной секции.

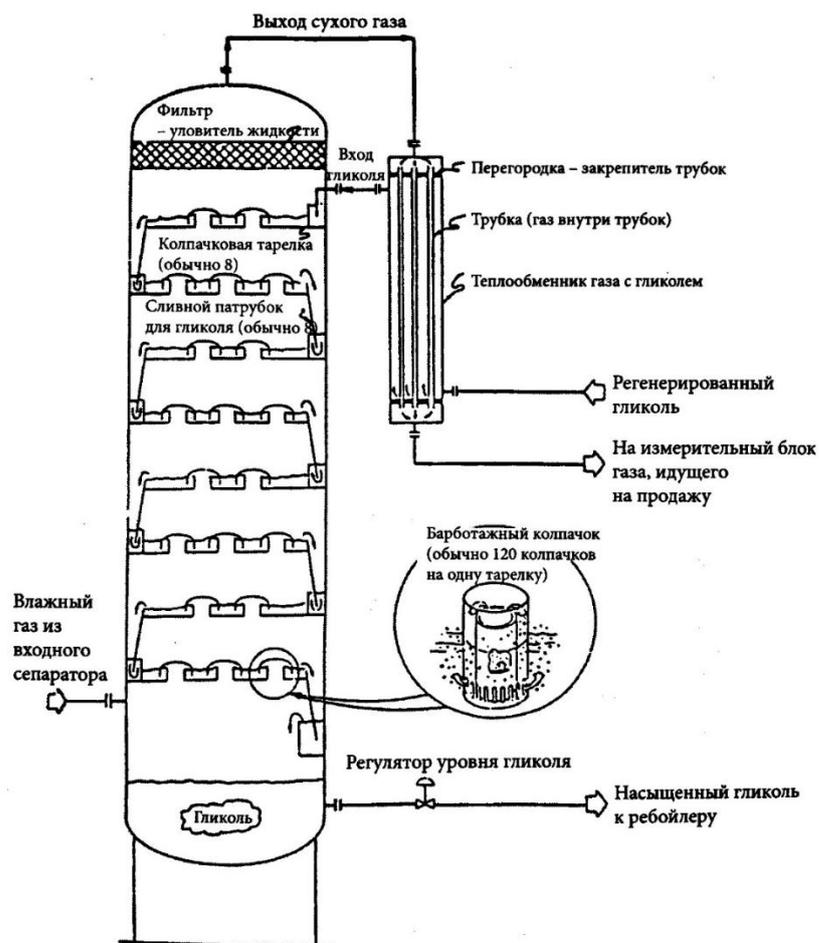


Рисунок 1.4 – Типичный гликолевый абсорбер [8]

На рисунке 2.4 показан типичный тарельчатый абсорбер, в котором газ и жидкость находятся в противотоке. Влажный газ из входного сепаратора направляется в нижнюю часть абсорбера. Затем, поднимаясь по массообменному аппарату, газ взаимодействует со всё более тощим - регенерированным гликолем, содержащим меньше воды в растворе. На каждой последующей тарелке более тощий гликоль способен поглотить из газа дополнительное количество влаги. Противоточное течение в абсорбере позволяет газу передавать гликолю значительное количество воды и всё больше приближаться к равновесному состоянию с самым тощим – регенерированным гликолем.

По мере того, как гликоль стекает с тарелки на тарелку, он всё больше насыщается водой. А газ поднимаясь по колонне, всё больше осушается.

Типичные гликолевые абсорберы в зависимости от регламентирующей точки росы имеют в своем арсенале от 6 до 12 тарелок [8].

Контактные устройства в абсорберах назначены для обеспечения контакта между разделяемыми фазами. Эти устройства относятся к одному из следующих типов:

- Колпачковые тарелки;
- Клапанные тарелки;
- Нерегулярная насадка;
- Регулярная насадка [15].

В газовом потоке также присутствует смесь тяжелых углеводородных жидкостей – газовый конденсат, который будет поглощен абсорбентами. Прежде, чем газ поступит в массообменную секцию, его необходимо пропустить через сепарационную секцию с целью удаления жидких углеводородов [8].

Система регенерации гликоля показана на рисунке 2.5. Насыщенный, или влажный, гликоль, выходящий из нижней части абсорбера, проходит через конденсатор дефлегматора к гликоль/гликолевому подогревателю, в котором насыщенный гликоль подогревается горячим регенерированным (тощим) гликолем. После подогрева гликоль поступает в сепаратор низкого давления (выветриватель), работающий при избыточном давлении, в котором из гликоля удаляются захваченный газ и присутствующие в нём жидкие углеводороды. Этот гликоль/конденсатный сепаратор представляет собой горизонтальную или вертикальную стандартную трёхфазную емкость, рассчитанную на время пребывания жидкости в течение по меньшей мере 15-30 мин. Важно, чтобы перед сепаратором гликоль был подогрет: это уменьшает его вязкость и облегчает отделение конденсата и газа [8].

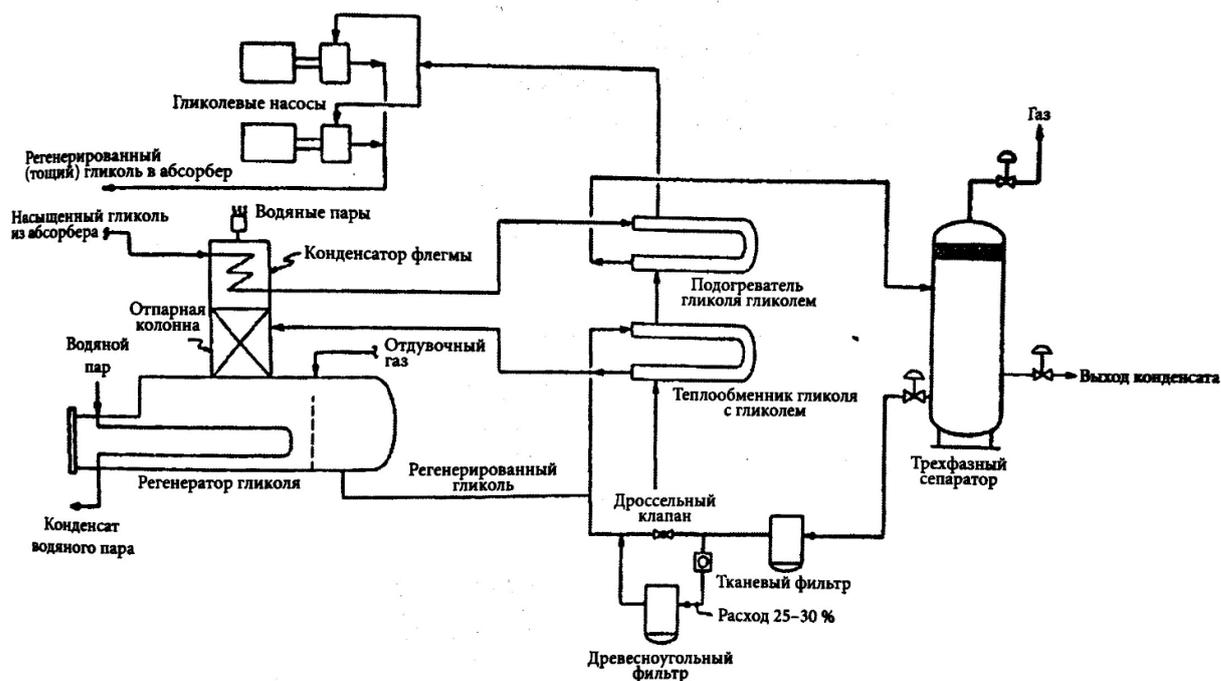


Рисунок 2.5 – Система регенерации гликоля [8]

Газ из гликоль/конденсатного сепаратора может быть использован в качестве топливного газа. Во многих небольших промышленных газовых установках блочного типа этот газ направляется непосредственно в жаровые трубы ребойлера и обеспечивает теплом установку для регенерации гликоля.

Описанный сепаратор иногда называют газ/гликолевым сепаратором или газоподающим сепаратором. Насыщенный гликоль из сепаратора проходит через тканевый фильтр, в котором удаляются твёрдые частицы, и древесноугольный фильтр для поглощения небольших количеств углеводородов, которые могут накапливаться в циркулирующем гликоле.

Тканевые фильтры обычно проектируются на удаление 5-мкм твёрдых частиц. На установках с расходом циркулирующего гликоля больше 38 л/мин через древесноугольный фильтр обычно пропускают только 10-50 % полного расхода гликоля. Фильтры помогают свести к минимуму вспенивание и образование шлама в десорбере [8].

Затем гликоль проходит через гликоль-гликолевый теплообменник и направляется к отпарной - регенерационной колонне, установленной на ребойлере-регенераторе и работающей практически при атмосферном

давлении. По мере того, как гликоль стекает сквозь насадку в отпарной колонне, он нагревается парами испаряющихся в ребойлере жидкостей. Отпарная колонна-десорбер работает так же, как колонна стабилизации газоконденсата. Падающая жидкость становится всё горячее и горячее. Газ, испаряющийся из жидкости, в основном представляет собой водяной пар с небольшим количеством паров гликоля. Поэтому по мере падения жидкости сквозь насадку она становится всё беднее и беднее водою. Перед тем как пары покинут отпарную колонну, они попадают в конденсатор дефлегматора.

Холодный насыщенный гликоль, поступающий из абсорбера, охлаждает и конденсирует пары гликоля и приблизительно 25-50 % поднимающихся водяных паров. В результате появляется жидкий раствор флегмы, который уменьшает потери гликоля в атмосферу почти до нуля [8].

Водяные пары, выходящие из верхней части отпарной колонны, содержат небольшое количество летучих углеводородов и обычно выбрасываются в атмосферу в безопасном месте. При необходимости водяные пары можно сконденсировать в воздушном охладителе и направить в систему очистки пластовой воды, чтобы устранить любые возможные выбросы углеводородов в атмосферу.

Поскольку между температурами кипения триэтиленгликоля (286 °С) и воды (100 °С) существует большая разница, отпарная колонна может быть относительно короткой (насадка высотой 3-3,6 м). Чтобы обеспечить тепло, необходимое для работы отпарной колонны, гликолевую жидкость в ребойлере нагревают до 170-205 °С. Более высокие температуры испаряли бы большее количество воды, но они могут приводить к разложению гликоля.

Если требуется очень тощий (высококонцентрированный) гликоль, может оказаться необходимым использовать отдувочный газ. Этот газ может быть отобран из потока топливного газа или газового потока на входе в абсорбер и затем направлен в ребойлер. Бедность (влагосодержание) отдувочного газа зависит от концентрации насыщенного гликоля и количества

ступеней ниже регенератора. Отдувочный газ насыщен водой при температуре и давлении на входе в установку, а поглощает воду в условиях ребойлера, т. е. при атмосферном давлении и высокой температуре. Отдувочный газ впитывает влагу из абсорбента благодаря снижению парциального давления водяных паров в десорбере [8].

Из ребойлера регенерированный гликоль направляется в промежуточную емкость, которая может быть неотъемлемой частью установки регенерации, как это показано на рисунке 2.4. Промежуточная емкость должна иметь достаточный объем, позволяющий воспринимать температурные расширения гликоля и обеспечивать приемлемый период времени между добавлениями гликоля. Хорошо спроектированная и правильно эксплуатируемая установка имеет потери гликоля с сухим газом, покидающим абсорбер, и с водяными парами, покидающими отпарную колонну, в диапазоне от 1,3 до 6,7 л на млн н. м³.

Чтобы завершить цикл, регенерированный гликоль из атмосферной промежуточной емкости перекачивается насосом вновь в гликолевый абсорбер [8].

2.2.2 Выбор гликоля

Осушители, используемые для извлечения влаги из природного газа, должны иметь следующие показатели:

- Высокая избирательность к разделяемым компонентам;
- Низкая летучесть при разделении газов и низкая растворимость при разделении жидкостей;
- Низкая коррозионность для оборудования;
- Низкая стоимость;
- Высокая плотность при разделении жидкостей;
- Низкая вязкость [15];

– При взаимодействии с газом осушитель должен обладать низкой вспениваемостью, высокой устойчивостью против окисления и термического разложения [4].

Достоинства этиленгликоля:

– Более низкая температура замерзания ($-12,6\text{ }^{\circ}\text{C}$) в отличие от ДЭГ ($-8\text{ }^{\circ}\text{C}$) и ТЭГ ($-7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$). При одинаковой концентрации ЭГ способен препятствовать образованию гидратов. Используется в качестве ингибитора гидратов в случаях, когда этот гликоль может быть извлечен из газа путём сепарации при температурах ниже $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. При попадании в водоемы ЭГ подвергается полному биологическому разложению. Стойки к окислению. Срок хранения до 1 года [5].

Недостатки этиленгликоля:

– Высокое давление насыщенных паров, при осушке и регенерации происходят большие потери ЭГ, поэтому он не применяется в процессах абсорбционной осушки.

Достоинства диэтиленгликоля:

– Высокая поглощающая способность, хорошая стабильность в присутствии сернистых соединений, кислорода и CO_2 при обычных температурах. Концентрированные растворы не затвердевают. Более стойкий к пеннообразованию, в отличие от ТЭГ.

Недостатки диэтиленгликоля:

– Потери от уноса выше, чем при использовании триэтиленгликоля. Низкая температура разложения требует низкой температуры регенерации ($157\text{-}170\text{ }^{\circ}\text{C}$), поэтому в большинстве установок невозможно получить высококонцентрированный диэтиленгликоль. Депрессия точки росы меньше, чем при осушке газа ТЭГ. Высокая стоимость. В отличие от ЭГ не подвергается полному биологическому разложению при попадании в водоемы.

Достоинства триэтиленгликоля:

– Высокая гигроскопичность, давление насыщенных паров меньше, чем у ДЭГ, поэтому потери не более 5 г/1000 м³. Обеспечивается более низкая температура точки росы, чем при использовании ДЭГ. Регенерируется при 170-205 °С, при этом обеспечивается его высокая концентрация. Достигается более низкая точка росы газа, чем при использовании ДЭГ. Летучесть меньше, чем ДЭГ.

Недостатки:

– Растворимость газа в ТЭГ на 25-30 % выше, чем в ДЭГ. Растворы ТЭГ более склонны к пеннообразованию в присутствии легких углеводородных жидкостей, чем ДЭГ. Необходимость периодического добавления антивспенивателя. Склонен к самоокислению. Срок хранения 6 месяцев. В отличие от ЭГ не подвергается к полному биологическому разложению. Дороже, чем ДЭГ [4].

В таблице 2.2 представлены некоторые физические свойства химически чистых гликолей.

Таблица 2.2 – Физические свойства гликолей [16]

Наименование показателя	Этиленгликоль	Диэтиленгликоль	Триэтиленгликоль
Формула	C ₂ H ₆ O ₂	C ₄ H ₁₀ O ₃	C ₆ H ₁₄ O ₄
Молекулярная масса, кг/кмоль	62,07	106,12	150,18
Плотность, кг/м ³	1116	1118	1126
Температура, °С			
Замерзания	-12,6	-8,0	-7,2
Кипения	197,3	244,8	278,3
разложения	164	164	206
Вязкость при 20 °С, МПа*с	20,9	35,7	47,8
Критическая температура, °С	376	410	440
Критическое давление, МПа	8,26	5,10	3,72

2.3 Факторы, влияющие на эффективность осушки

2.3.1 Температура контакта газ-абсорбент

Температура процесса осушки – один из основных параметров, влияющих на степень осушки добываемого газа (рисунок 2.6). Температура контакта напрямую влияет на температуру точки росы путем изменения парциального давления. Повышая температуру контакта, увеличивается давление паров воды над абсорбентом, что влечет за собой повышение точки росы осушаемого газа [16].

Температура газа на входе в абсорбер и температура гликоля не должны разниться больше чем на 8 °С, так как при большей разности будет увеличиваться количество уносимого с газом абсорбента. При большей температуре гликоля над газом происходит охлаждение газа, конденсация тяжелых углеводородов. Данная проблема приводит к вспениванию растворов абсорбента, снижению КПД тарелок.

2.3.2 Давление в абсорбере

Давление в контакторе будет иметь больше влияния на эффективность осушки, если его значение будет меньше 20,68 МПа [8]. С уменьшением давления в абсорбере увеличивается количество влаги, извлеченной из газа. Поэтому данная процедура может обеспечить снижение затрат на регенерацию насыщенного абсорбента и его подачу в массообменный аппарат [21].

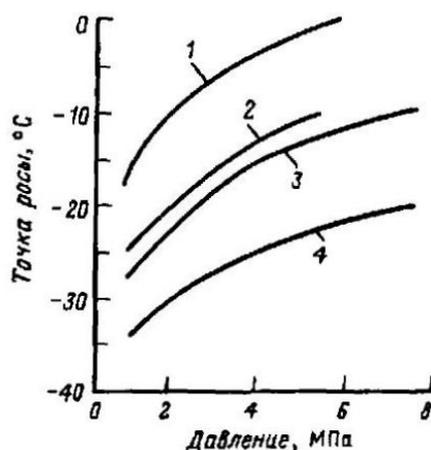
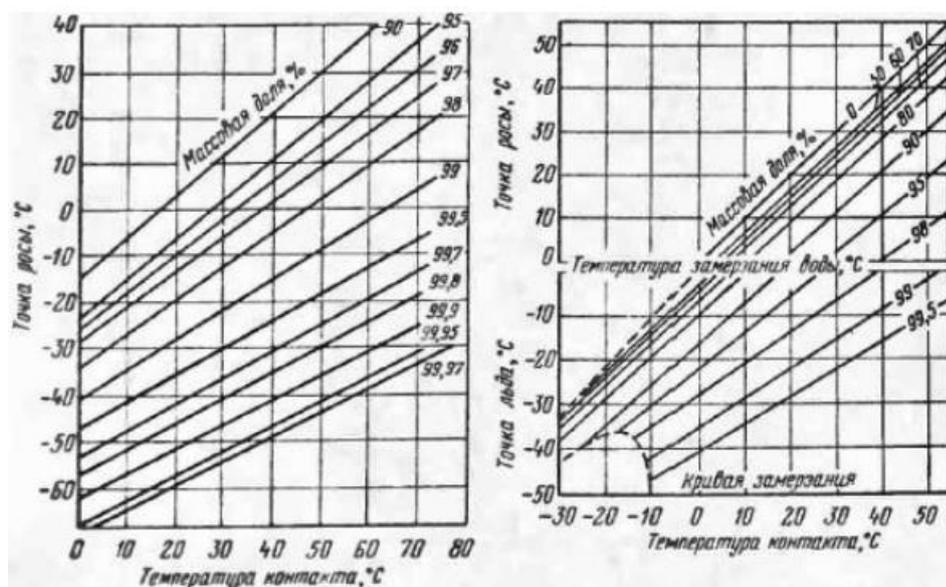


Рисунок 2.6 – Зависимость точки росы от давления: 1,2 – точки отсчета при давлении в абсорбере 5,5 МПа; 3,4 – для 7,5 МПа [21]

При достижении регламентирующего объема добычи газа со сниженным давлением в абсорбере линейная скорость газа возрастает, отрицательно влияя на работу УКПГ. А именно, увеличивается количество уносимой с газом жидкости, состоящей из механической примеси и соли. Абсорбенты, впитавшие их, снижают надежность эксплуатации установок. Поэтому размещение ДКС перед установками абсорбционной осушки газа является рациональным решением, что дает дополнительное преимущество. Так, ДКС обеспечит в абсорберах постоянное давление, а также оптимизирует линейную скорость газа в абсорбере [21]. Однако возникает проблема в летнее время, когда температура контакта увеличивается. На газовом промысле №7 для снижения температуры применяют аппараты воздушного охлаждения с турбодетандерными агрегатами [7].

2.3.3 Концентрация абсорбента

Важное значение для эффективности осушки имеет концентрация абсорбента (рисунок 2.7) [16].



а

б

Рисунок 2.7 – Точка росы газа над растворами ТЭГ (а) и ДЭГ (б) при различных температурах [16]

С повышением концентрации регенерированного абсорбента понижается температура точки росы, поскольку возрастает разница между давлениями упругости паров воды в газе и в абсорбенте [16].

2.3.4 Расход абсорбента

Когда количество тарелок абсорбера и концентрация регенерированного гликоля постоянны, снижение точки росы насыщенного водяными парами газа зависит от расхода гликоля. Чем больше расход гликоля, тем больше водяных паров удаляется из газа [8].

Если расход слишком большой, то десорбер начинает перегружаться и снижается его эффективная работа над регенерацией гликоля. Тепло, необходимое для регенерации, прямо пропорционально величине расхода. Поэтому увеличение расхода влечет за собой уменьшение температуры в десорбере, тем самым снижая концентрацию гликоля. Как результат, это уменьшает количество воды, впитываемой абсорбентом из газа [8].

3 ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АБСОРБЦИОННОЙ ОСУШКИ

3.1 Методика исследования

На завершающей стадии разработки газового месторождения необходимо задуматься о повышении эффективности производственного процесса осушки. Помимо снижения пластового давления и повышения температуры газа, процессы которых приводят к ухудшению качества и эффективности работы абсорбционной осушки, высокое влагосодержание добываемого газа является причиной трудоемкого извлечения воды.

В целях повышения эффективности осушки газа абсорбционным методом будут изучены параметры, влияющие на температуру точки росы газа:

- Температура контакта газ-ДЭГ;
- Давление в абсорбере;
- Концентрация регенерированного абсорбента;
- Расход абсорбента;

Для определения эффективности будет представлен подбор оптимальных параметров для получения наименьшей температуры точки росы и минимального выноса с газом абсорбента путем моделирования установки подготовки газа в программной среде «Honeywell Unisim Design».

3.2 Программная среда «Honeywell Unisim Design»

Unisim design – это программное обеспечение с целью создания модели технологических процессов на промышленных предприятиях.

Данная моделирующая среда нашла свое применение в нефтегазовой, нефтехимической, нефтеперерабатывающей, химической и энергетической отраслях [13].

Обширный список термодинамических моделей «Unisim design» включает в себя более 30 моделей, способных проектировать систему для

любой природы. Самой распространенной и современной моделью принято считать модель Peng-Robinson, которая позволяет произвести расчет параметров углеводородных систем.

Программа «Unisim design» позволяет инженерам упростить создание стационарных и динамических моделей для проектирования и оптимизации промышленных установок и систем управления, предлагая:

- Свободную и удобную среду моделирования для визуализации процесса и систем проектирования;
- Устойчивое программное обеспечение, которая способна к обновлению и переносу моделей из более старых версий;
- Широкий спектр внедрения специальных технологий тех или иных производителей для получения наилучшего технического решения в процессе моделирования [13];

3.3 Процесс осушки газа на УКПГ-7

Раздел 3.3 скрыт в связи с наличием конфиденциальной информации.

3.4 Анализ влияния температуры контакта газ-абсорбент на эффективность осушки

Исследования влияния температуры контакта газ-абсорбент на степень осушки природного газа на УКПГ-7 Ямбургского месторождения проводится в моделирующей среде Unisim Design. Исходные параметры при проведении исследования следующие:

- расход регенерированного абсорбента – 1000 м³/ч;
- давление в абсорбере – 4 МПа;
- концентрация регенерированного абсорбента – 98,5%;

В таблицах 3.2 представлено влияние температуры контакта газ-ДЭГ на температуру точки росы газа и на количество уносимой с газом абсорбента. Таблица 3.2 – Зависимость температуры точки росы от температуры контакта газ-ДЭГ

Наименование показателя	Значение показателя при определенной температуре газ-абсорбент, °С					
	5	10	15	20	25	30
Температура точки росы по воде, °С	-27,79	-21,08	-13,15	-2,57	11,79	24,96
Унос ДЭГ с сухим газом, кг/ч	113,96	188,02	301,80	484,21	766,47	1199,50

Таблица 3.3 – Зависимость температуры точки росы от температуры контакта газ-ТЭГ

Наименование показателя	Значение показателя при определенной температуре газ-абсорбент, °С					
	5	10	15	20	25	30

Продолжение таблицы 3.3

Температура точки росы по воде, °С	-24,11	-20,26	-16,44	-12,20	-6,78	0,21
Унос ТЭГ с сухим газом, кг/ч	31,82	54,06	88,96	146,30	236,82	377,87

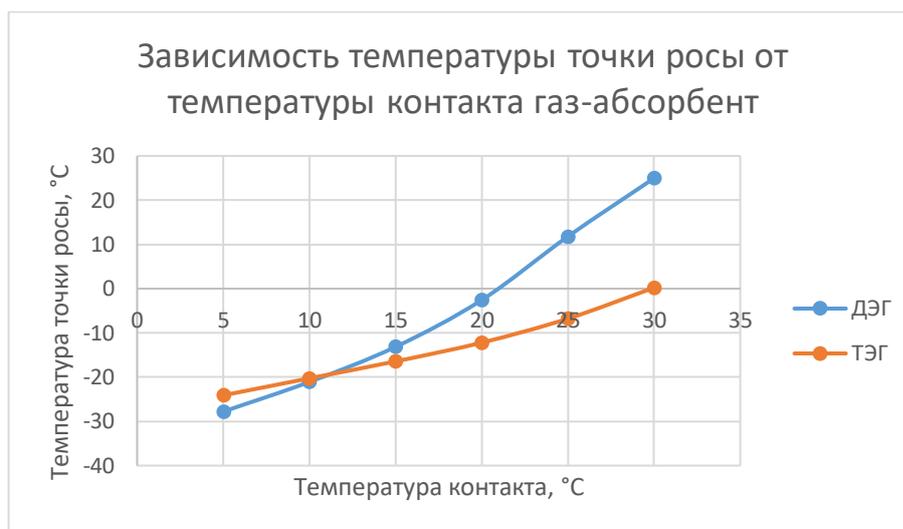


Рисунок 3.2 – График зависимости температуры точки росы от температуры контакта газ-абсорбент

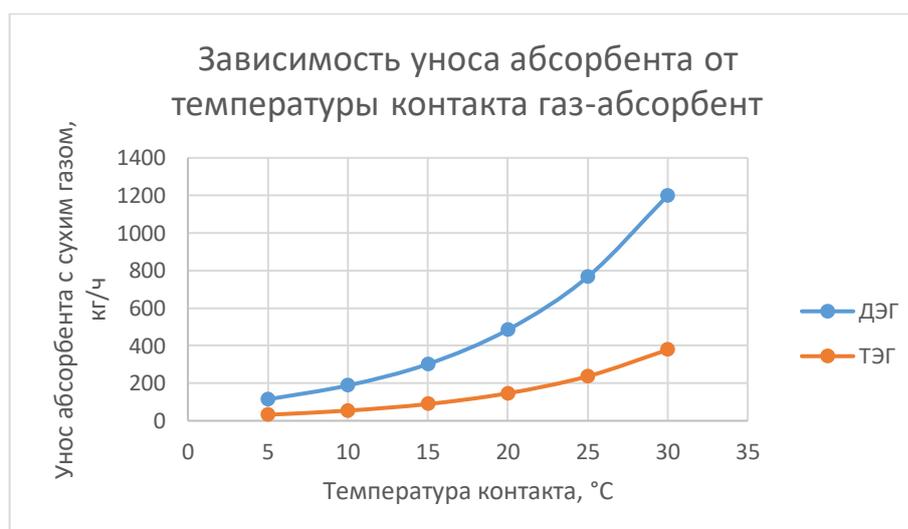


Рисунок 3.3 – График зависимости уноса абсорбента от температуры контакта газ-абсорбент

Вывод: с увеличением температуры контакта газ-абсорбент увеличивается температура точки росы по воде и унос абсорбента с сухим газом. В диапазоне от 5 до 10 °С температура точки росы при использовании ДЭГ ниже, чем при ТЭГ. Это связано с тем, что ТЭГ не обладает более высокой по сравнению с ДЭГ осушающей способностью при высоких массовых концентрациях. Т.е. оба абсорбента равны по достижению достижимых результатов по поглощению воды из газа [4]. Использование ТЭГ также позволит уменьшить унос.

3.5 Анализ влияния давления в абсорбере на эффективность осушки

Исследования влияния давления в абсорбере на эффективность осушки природного газа на УКПГ-7 Ямбургского месторождения проводится в моделирующей среде Unisim Design.

Исходные параметры при проведении исследования, следующие:

- расход регенерированного абсорбента – 1000 м³/ч;
- температура контакта газ- абсорбента – 10 °С;
- концентрация регенерированного абсорбента – 98,5%;

В таблице 3.4 представлено влияние давления в абсорбере на температуру точки росы газа и на количество уносимой с газом абсорбента.

Таблица 3.4 – Зависимость температуры точки росы от давления в абсорбере

Наименование показателя	Значение показателя при определенном давлении в абсорбере, МПа					
	3	3,5	4	4,5	5	5,6
Температура точки росы по воде, °С	-27,54	-24,45	-21,08	-17,30	-13,06	-7,12
Унос ДЭГ с сухим газом, кг/ч	109,67	143,85	188,02	245,20	317,49	428,78

Таблица 3.5 – Зависимость температуры точки росы от давления в абсорбере

Наименование показателя	Значение показателя при определенном давлении в абсорбере, МПа					
	3	3,5	4	4,5	5	5,6
Температура точки росы по воде, °С	-23,87	-22,03	-20,26	-18,57	-16,95	-15,09
Унос ТЭГ с сухим газом, кг/ч	39,42	46,15	54,06	63,16	73,35	87,08

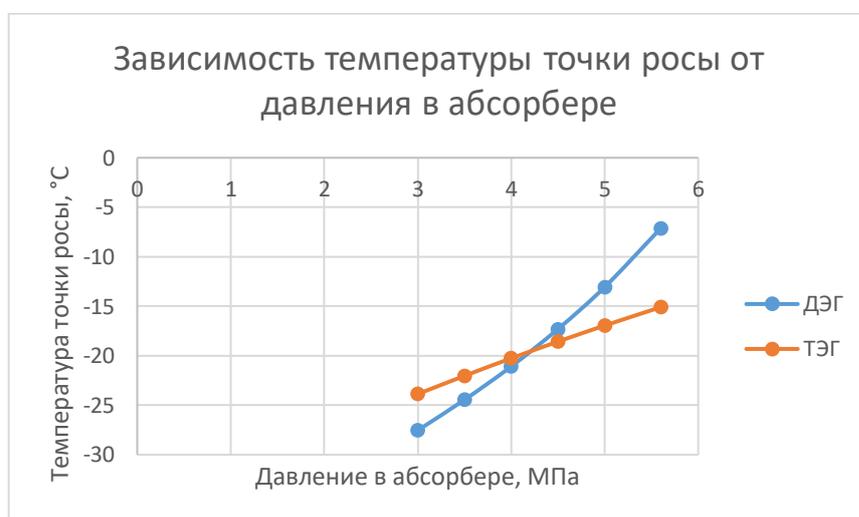


Рисунок 3.4 – График зависимости температуры точки росы от давления в абсорбере

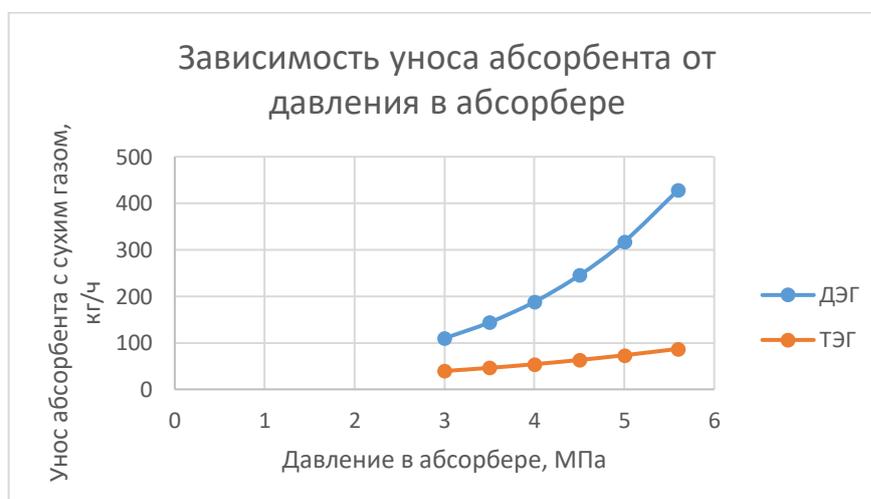


Рисунок 3.5 – График зависимости уноса абсорбента от давления в абсорбере

Вывод: увеличение давления в абсорбере влечет за собой повышение температуры точки росы по воде и унос абсорбента. Но применение ТЭГ позволит получить более низкие значения температуры и низкие потери осушителя.

3.6 Анализ влияния концентрации регенерированного абсорбента на эффективность осушки

Исследования влияния концентрации абсорбента на эффективность осушки природного газа на УКПГ-7 Ямбургского месторождения проводится в моделирующей среде Unisim Design.

Исходные параметры при проведении исследования концентрации абсорбента следующие:

- расход регенерированного абсорбента – 1000 м³/ч;
- давление в абсорбере – 4 МПа;
- температура контакта газ- абсорбент – 10 °С;

Для определения влияния концентрации абсорбента на температуру точки росы и количество уносимой с газом абсорбента была построена таблица 3.6.

Таблица 3.6 – Зависимость температуры точки росы от концентрации ДЭГ

Наименование показателя	Значение показателя при определенной концентрации ДЭГ, % масс.				
	97,5	98	98,5	99	99,5
Температура точки росы по воде, °С	-15,70	-18,06	-21,08	-25,39	-32,83
Унос ДЭГ с сухим газом, кг/ч	177,13	182,36	188,02	193,76	199,57

Таблица 3.7 – Зависимость температуры точки росы от концентрации ТЭГ

Наименование показателя	Значение показателя при определенной концентрации ТЭГ, % масс.				
	97,5	98	98,5	99	99,5
Температура точки росы по воде, °С	-14,17	-16,86	-20,26	-24,93	-32,59
Унос ТЭГ с сухим газом, кг/ч	49,72	51,84	54,06	56,39	58,86

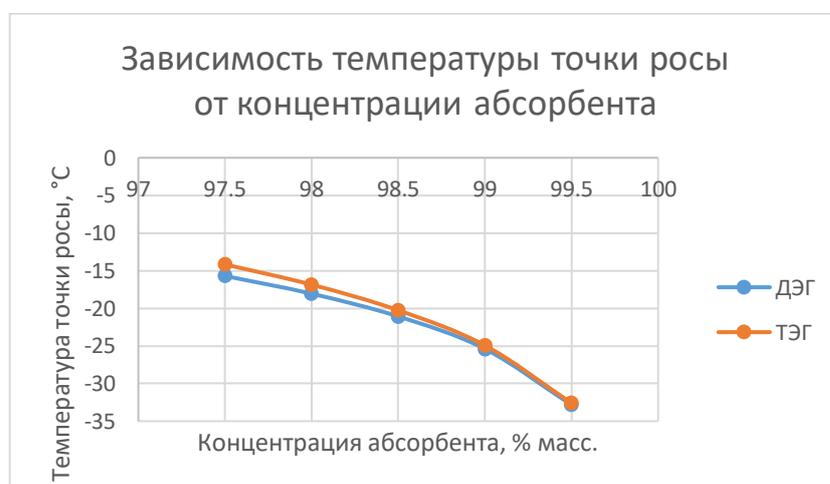


Рисунок 3.6 – График зависимости температуры точки росы от концентрации абсорбента

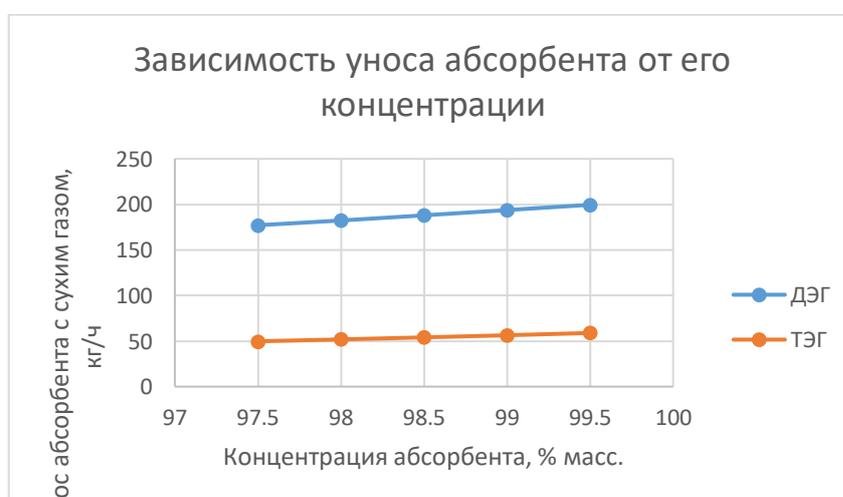


Рисунок 3.7 – График зависимости уноса абсорбента от его концентрации

Вывод: с увеличением концентрации уменьшается температура точки росы, а унос абсорбента незначительно увеличивается.

3.7 Анализ влияния расхода регенерированного абсорбента на эффективность осушки

Исходные параметры при проведении исследования расхода гликоля, следующие:

- концентрация регенерированного абсорбента – 98,5%;
- давление в абсорбере – 4 МПа;
- температура контакта газ-абсорбент – 10 °С;

Для определения влияния расхода абсорбента на температуру точки росы и на количество уносимой с газом гликоля была построена таблица 3.8.

Таблица 3.8 – Зависимость температуры точки росы от расхода ДЭГ

Наименование показателя	Значение показателя при определенном расходе ДЭГ, м ³ /ч.						
	100	200	300	500	700	800	1000
Температура точки росы по воде, °С	-6,38	-16,11	-19,70	-20,85	-20,97	-20,99	-21,08
Унос ДЭГ с сухим газом, кг/ч	143,44	179,45	186,91	187,80	187,86	187,94	188,02

Таблица 3.9 – Зависимость температуры точки росы от расхода ТЭГ

Наименование показателя	Значение показателя при определенном расходе ТЭГ, м ³ /ч.						
	100	200	300	500	700	800	1000
Температура точки росы по воде, °С	2,48	-7,04	-13,59	-18,91	-19,92	-20,07	-20,26
Унос ТЭГ с сухим газом, кг/ч	28,10	42,62	49,54	53,57	53,89	53,95	54,06

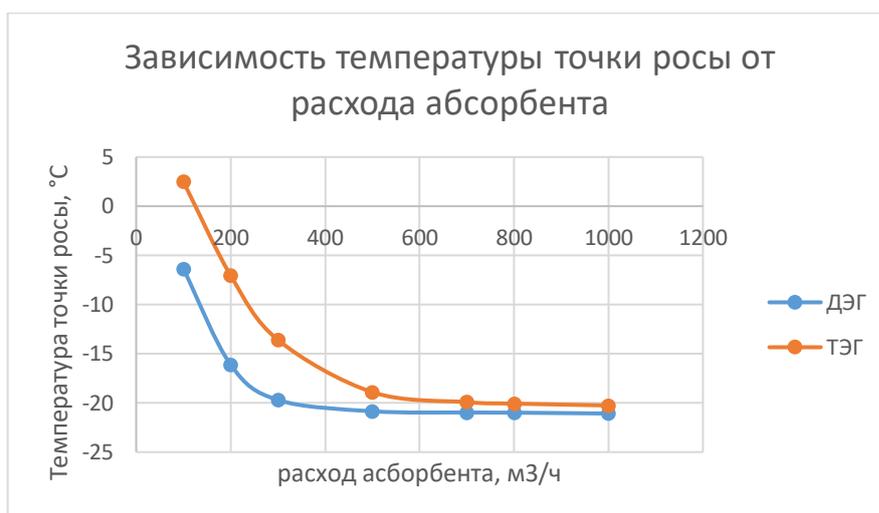


Рисунок 3.8 – График зависимости температуры точки росы от расхода абсорбента

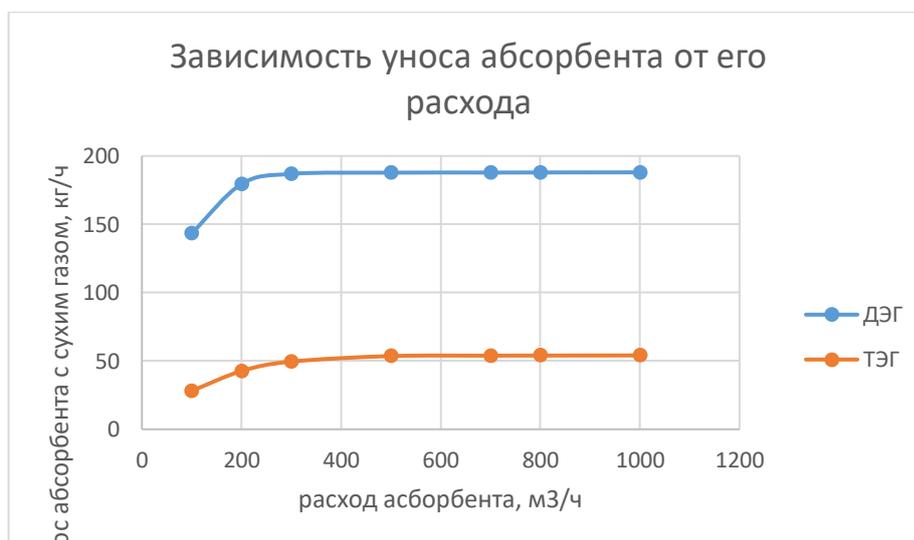


Рисунок 3.9 – График зависимости уноса абсорбента от его расхода

Вывод: с увеличением расхода осушителя снижается температура точки росы и увеличивается унос абсорбента.

3.8 Подбор оптимальных параметров осушки газа

Оптимизация абсорбционной осушки природного газа на УКПГ-7 Ямбургского месторождения проводится в моделирующей среде Unisim Design путем подбора оптимальных данных при различных диапазонах исходных параметрах:

- расход регенерированного абсорбент – 100-1000 м³/ч;
- давление в абсорбере – 3-5,6 МПа;
- концентрация регенерированного абсорбента – 97,5-99,5%;
- температура контакта газ- абсорбент – 5-30 °С.

Для определения влияния различных показателей на температуру точки росы и на количество уносимой с газом абсорбента были построены таблицы 3.10-3.11.

Таблица 3.10 – Результаты подбора параметров при использовании ДЭГ

№	Давление в абсорбере, МПа	Температура контакта газ-ДЭГ, °С	Концентрация абсорбента, %	Расход абсорбента, м ³ /ч	Унос ТЭГ с сухим газом, кг/ч	Точка росы ДЭГ, °С
1	4	10	98,5	1000	188,02	-21,08
2	4	5	98,5	1000	113,96	-27,79
3	3	5	98,5	1000	62,85	-33,41
4	3	5	99,0	1000	64,72	-37,72

Таблица 3.11 – Результаты подбора параметров при использовании ТЭГ

№	Давление в абсорбере, МПа	Температура контакта газ-ДЭГ, °С	Концентрация абсорбента, %	Расход абсорбента, м ³ /ч	Унос ТЭГ с сухим газом, кг/ч	Точка росы ТЭГ, °С
1	4	10	98,5	1000	54,06	-20,26
2	4	5	98,5	1000	31,82	-24,11
3	3	5	98,5	1000	22,20	-27,92
4	3	5	99,0	1000	23,16	-32,31

3.9 Результаты исследования

В ходе исследования эффективности абсорбционной осушки газа было проанализировано влияние различных параметров на температуру точки росы, а также количество уносимого с газом абсорбента. Согласно СТО Газпром 089-2010 «Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам. Технические условия», в зимний период, в холодном макроклиматическом районе, газ подлежит транспортировке при температуре точки росы по воде не выше -20 °С. Поочередно изменяя параметры осушки газа относительно начальных условий, выявили зависимости степени осушки газа от параметров осушки. При подборе оптимальных данных учитывалось количество уносимого с газом абсорбента. Ниже представлены результаты проведения исследования.

В таблице 3.12 представлено сравнение действующей на газовом промысле установки абсорбционной осушки и оптимизированной установки, смоделированная в программе Unisim design. Оптимизация проводилась путем подбора данных в регламентируемых диапазонах.

Таблица 3.12 – Сравнение показателей при использовании ДЭГ

Наименование показателя	Значение показателей на действующей установке	Значение показателей после оптимизации
Температура точки росы, °С	-21,08	-37,72
Количество уносимого с газом абсорбента, кг/ч	188,02	64,72

Так, применение ДЭГ позволит получить более низкую температуру точки росы при значениях:

- давление в абсорбере 3 МПа;
- температура контакта газ- абсорбент 5 °С;
- концентрация абсорбента 99,0 % масс.;

– расход 1000 м³/ч.

Температура и количество уносимого с газом ДЭГ уменьшились на 16,64 °С (44,11 %) и, соответственно, на 123,3 кг/ч (65,58 %). Использование концентрации гликоля 99,5 % приведет к большим потерям абсорбента. В связи с этим концентрация ДЭГ составила 99 %. Вышеперечисленные результаты свидетельствуют о положительном применении оптимизации параметров с целью повышения эффективности абсорбционной осушки газа.

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

Студенту:

Группа 2Б8Д	ФИО Бальжиеву Сандаку Вячеславовичу
-----------------------	---

Школа Уровень образования	ИШПР Бакалавриат	Отделение Направление/специальность	ОНД 21.03.01 Нефтегазовое дело/ Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений
--	----------------------------	--	--

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений не специальное
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды: 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)	Анализ конкурентных технических решений. Технология Quad. SWOT-анализ.
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР	Структура работ в рамках научного исследования. Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения исследования.
3. Составление бюджета инженерного проекта (ИП)	Расчет бюджетной стоимости НИ.
4. Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н. доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа 2Б8Д	ФИО Бальжиев Сандак Вячеславович	Подпись	Дата
-----------------------	--	----------------	-------------

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Выполнение грамотной исследовательской работы требует наличия экономической оценки всех её элементов: как объекта исследования, так и методов, которые для этого используются. Целью данного раздела является комплексное описание и анализ экономической эффективности проведения исследования в области оценки эффективности осушки природного газа. Финансовый менеджмент позволяет понять будет ли востребована новая разработка на рынке, целесообразность её внедрения и отвечает на вопросы коммерческой ценности исследования.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнять следующие задачи:

- Оценка коммерческого потенциала разработки и перспективности проведения научных исследований;
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Целью выпускной квалификационной работы является повышение эффективности абсорбционной осушки газа на УКПГ-7.

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Выполнение данной работы основывается на рассмотрении и моделировании процесса абсорбционной осушки газа ДЭГом. Конкурирующими методиками являются адсорбционная осушка и низкотемпературная сепарация, которые также применяются на некоторых из месторождений.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле:

$$K = \sum B_i \cdot B_i \quad (4.1)$$

где K – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – балл i -го показателя.

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _{абс}	Б _{адс}	Б _{нтс}	К _{абс}	К _{адс}	К _{нтс}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Эффективность осушки	0,2	4	5	5	0,8	1	1
2. Надежность	0,11	5	4	3	0,55	0,44	0,33
3. Энергоэффективность	0,05	4	4	2	0,2	0,2	0,1
4. Безопасность	0,11	4	4	4	0,44	0,44	0,44
5. Уровень шума	0,03	5	4	2	0,15	0,12	0,06
6. Простота эксплуатации	0,06	5	5	3	0,3	0,3	0,18
7. Металлоемкость	0,08	3	2	5	0,24	0,16	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Стоимость обслуживания	0,1	4	3	5	0,4	0,3	0,5
2. Срок эксплуатации	0,1	5	4	2	0,5	0,4	0,2
3. Потребность в человеческих ресурсах	0,06	3	3	5	0,18	0,18	0,3
4. Распространенность технологии	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4

Продолжение таблицы 4.1

Итого	1	47	42	40	4,26	3,94	3,87
--------------	---	----	----	----	------	------	------

Основные достоинства технологии абсорбционной осушки объясняются простотой конструкции установки и открытой доступностью к осушающему веществу – диэтиленгликолю; низкой потребностью в энергозатратах ввиду отсутствия дополнительных потребителей, за исключением насосов. Отсутствие движущихся механизмов и элементов, а также истирающихся деталей дает дополнительный плюс технологии в плане надежности, отсутствия шума и длительности непрерывной эксплуатации. Также истощение рабочих возможностей осушающего компонента абсорбционной осушки ниже адсорбционной, так как последняя имеет свойство к накапливанию объема неотгоняемой жидкости в процессе регенерации с каждым новым циклом.

4.1.2 Технология QuaD

Технология QuaD (QUality ADvisor) представляет собой гибкий инструмент измерения характеристик, описывающих качество новой разработки и ее перспективность на рынке и позволяющие принимать решение целесообразности вложения денежных средств в научно-исследовательский проект.

Таблица 4.2 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (3x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Эффективность осушки	0,2	100	100	1	0,2
2. Надежность	0,11	80	100	0,8	0,088

Продолжение таблицы 4.2

3. Энергоэффективность	0,05	70	100	0,7	0,035
4. Безопасность	0,11	80	100	0,8	0,088
5. Уровень шума	0,03	50	100	0,5	0,015
6. Простота эксплуатации	0,06	50	100	0,5	0,03
7. Металлоемкость	0,08	55	100	0,55	0,044
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
1. Стоимость обслуживания	0,1	70	100	0,7	0,07
2. Срок эксплуатации	0,1	80	100	0,8	0,08
3. Потребность в человеческих ресурсах	0,06	60	100	0,6	0,036
4. Распространенность технологии	0,1	60	100	0,6	0,06
Итого	1	755	100	7,55	0,746

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i \quad (4.2)$$

Где P_{cp} – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

B_i – вес показателя (в долях единицы);

B_i – средневзвешенное значение i -го показателя.

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Если значение показателя P_{cp} получилось от 100 до 80, то такая разработка считается перспективной. Если от 79 до 60 – то перспективность выше среднего. Если от 69 до 40 – то перспективность средняя. Если от 39 до 20 – то перспективность ниже среднего. Если 19 и ниже – то перспективность крайне низкая.

$$P_{cp}=74,6$$

Данное значение лежит в интервале от 60 до 79, следовательно, перспективность разработки проекта модернизации УПН – выше среднего

4.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.3 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Высокая распространенность данной технологии во всехклиматических зонах России	Сл1. Относительно низкая депрессия точки росы
С2. Экономичность	Сл2. Повышенная металлоемкость
С3. Простота обслуживания оборудования	Сл3. Потребность в большем числе специалистов
С4. Надежность технологии	Сл4. Необходимость в постоянной подпитке высококонцентрированнымосушителем
Возможности	Угрозы
В1. Повышение депрессии точки росы осушаемого газа	У1. Резкое повышение эффективности работы технологий-аналогов
В2. Снижение потерь гликоля в потоке газа и при регенерации	У2. Рост стоимости осушителя
В3. Снижение уносимого с гликолем газа	У3. Появление новой легкооборудуемой технологии осушки
В4. Рост производства и удешевление гликоля	

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.4–4.7.

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	+	+	+	+
	B2	-	-	+	+
	B3	-	-	+	+
	B4	+	+	-	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	+	-	-	-
	B2	-	-	-	-
	B3	-	-	-	+
	B4	-	+	-	-

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	+	-	-	+
	У2	-	-	-	-
	У3	-	-	-	-

Таблица 4.7 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	-	-	-
	У2	-	-	-	-
	У3	-	+	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.8.

Таблица 4.8 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Высокая распространенность данной технологии во всех климатических зонах России</p> <p>С2. Экономичность</p> <p>С3. Простота обслуживания оборудования</p> <p>С4. Надежность технологии</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Относительно низкая депрессия точки росы</p> <p>Сл2. Повышенная металлоемкость</p> <p>Сл3. Потребность в большем числе специалистов</p> <p>Сл4. Необходимость в постоянной подпитке высококонцентрированным осушителем</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Повышение депрессии точки росы осушаемого газа</p> <p>В2. Снижение потерь гликоля в потоке газа и при регенерации</p> <p>В3. Снижение уносимого с гликолем газа</p> <p>В4. Рост производства и удешевление гликоля</p> <p>В5. Снижение предложения промышленных адсорбентов</p>	<p>Направления развития</p> <p>В1С1С2С3С4. Рост потребности в установках, работающих по данной технологии</p> <p>В2С3С4. Дальнейшее совершенствование и повышение эффективности работы установок</p> <p>В4С1С2. Снижение затрат в результате введения новых технологий</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>В1Сл1. Совершенствование и повышение эффективности работы установок</p> <p>В4Сл2. Стремление к составлению конкуренции другим аналогичным способом</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Резкое повышение эффективности работы технологий-аналогов</p> <p>У2. Рост стоимости осушителя</p> <p>У3. Появление новой легкооборудуемой технологии осушки</p>	<p>Угрозы развития</p> <p>У1С1С4. Баланс высоких относительных эксплуатационных затрат и долгосрочных окупаемых вложений</p>	<p>Уязвимости:</p> <p>У1Сл1. Более эффективные аналоги</p> <p>У3Сл2. Замена оборудования может окупиться в течение определенного времени</p>

Проведённый SWOT-анализ позволяет с достаточной для данной работы точностью определять дальнейшее положение рассматриваемой технологии и установок, основанных на ней, на соответствующем рынке. Так повышение эффективности работы аппаратов осушки, а также снижение потерь на различных этапах позволяет использовать вещества повторно

множество раз, что повышает экономическую эффективность всей установки в целом. Улучшения позволят поднять ценность и относительную эффективность, а также окупаемость установки абсорбционной осушки относительно рассмотренных, наиболее распространенных аналогов. Развитие аналогов негативно может отразиться на общем числе нововводимого оборудования исследуемой технологии, но уже зарекомендовавшие себя использующиеся установки смогут оправдать свой выбор и экономическую эффективность в условиях конкуренции

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

При организации научно-исследовательской работы необходимо планировать занятость каждого участника и определить сроки выполнения этапов работ. При реализации проекта рассматриваются два исполнителя: руководитель (Р), исполнитель (И). Выделенные этапы представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Научный руководитель
	2	Календарное планирование выполнения НИР	Инженер, научный руководитель
Выбор способа решения поставленной задачи	3	Обзор научной литературы	Инженер
	4	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Моделирование технологии осушки	Инженер, научный руководитель
	6	Поиск необходимых технических решений для повышения эффективности абсорбционной осушки газа	Инженер

Продолжение таблицы 4.9

	7	Проведение расчетов для оптимизации данной технологии	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Обработка полученных данных	Инженер
	9	Оценка правильности полученных результатов	Инженер, Научный руководитель
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	10	Составление пояснительной записки	Инженер

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{min}i} + 2t_{\text{max}i}}{5} \quad (4.3)$$

где $t_{\text{ож}i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{min}i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{q_i} \quad (4.4)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.5):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал} \quad (4.5)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.6)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожі}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Продолжение таблицы 4.10

1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Календарное планирование выполнения ВКР	1	3	3	4	1,8	3,4	2,6	4
3. Обзор научной литературы	-	6	-	10	-	7,6	7,6	11
4. Выбор методов исследования	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Моделирование технологии осушки	2	6	4	8	2,8	6,8	4,8	7
6. Поиск необходимых технических решений для повышения эффективности абсорбционной осушки газа	-	5	-	7	-	5,8	5,8	9
7. Проведение расчетов для оптимизации данной технологии	-	15	-	20	-	17	17	25
8. Обработка полученных данных	-	10	-	15	-	12	12	18
9. Оценка правильности полученных результатов	2	3	4	5	2,8	3,8	3,3	5
10. Составление пояснительной записки		8		10	-	8,8	8,8	13
Итого:	7	59	15	84	10,2	69	68,5	102

Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.10), представляющую из себя ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения работ.

Таблица 4.11 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ													
				февр			март			апр			май				
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
1	Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	Исп1	4	█													
2	Календарное планирование выполнения ВКР	Исп1 Исп2	4	█													

Продолжение таблицы 4.11

3	Обзор научной литературы	Исп2	11															
4	Выбор методов исследования	Исп2	6															
5	Моделирование технологии осушки	Исп1 Исп2	7															
6	Поиск необходимых технических решений для повышения эффективности абсорбционной осушки газа	Исп2	9															
7	Проведение расчетов для оптимизации данной технологии	Исп2	25															
8	Обработка полученных данных	Исп2	18															
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5															
10	Составление пояснительной записки	Исп2	13															

Примечание:



– Исп. 1 (руководитель), – Исп. 2 (инженер)

4.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-технического исследования (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расхi} \quad (4.7)$$

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

$N_{расхi}$ — количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_i — цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T — коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Транспортные расходы примем 15% от стоимости материалов.

Таблица 4.12 – Материальные затраты

Наименование	Ед. измер.	Количество			Цена за ед.,руб.			Сумма, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Комплекc канцелярских принадлежностей	шт.	4	4	4	340	340	340	1360	1360	1360
Картридж для лазерного принтера	шт.	1	1	1	3490	3490	3490	3490	3490	3490
Итого:								4850	4850	4850

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Для разработки проекта необходимы следующие специальное оборудование: компьютер в сборе.

Таблица 4.13 – Специальное оборудование

Наименование	Ед. измер.	Количество			Цена за ед.,руб.			Сумма, руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Компьютер в сборе	шт.	1	1	1	60000	60000	60000	60000	60000	60000
Итого:								60000	60000	60000

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n},$$

где n – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m,$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для компьютера, с учётом того, что срок полезного использования составляет 3 лет:

$$H_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{3} = 0,33.$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m = \frac{0,33 \cdot 60000}{12} \cdot 3 = 4950 \text{ руб.}$$

4.3.3 Основная заработная плата исполнительной темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого необходимо рассчитать расходы по заработной

плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p \quad (4.8)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{47314,8 \cdot 10,4}{246} = 2000,3 \text{ руб.} \quad (4.9)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.; F_d – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 24 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 48 раб. дней – $M = 10,4$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{28438,8 \cdot 11,2}{213} = 1495,4 \text{ руб.}$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$\begin{aligned} Z_m &= Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) k_p = \\ &= 24264 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 47314,8 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$\begin{aligned} Z_m &= Z_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_d) k_p = \\ &= 14584 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 28438,8 \text{ руб.} \end{aligned}$$

где Z_{mc} – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; k_{np} – премиальный коэффициент, равен 0,3; k_{∂} – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; k_p – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 4.14 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни - праздничные дни	52/14	104/14
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 4.15 – Расчет основной заработной платы для исполнения 1

Исполнители НИ	Z_{mc} , руб	k_{np}	k_{∂}	k_p	Z_m , руб	$Z_{он}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	24264	0,3	0,2	1,3	47314,8	2000,3	13,5	27004,1
Инженер	14584	0,3	0,2	1,3	28438,8	1495,4	68,5	102433,1
Итого:								129437,2

Таблица 4.16 – Расчет основной заработной платы для исполнения 2

Исполнители НИ	Z_{mc} , руб	k_{np}	k_{∂}	k_p	Z_m , руб	$Z_{он}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	24264	0,3	0,2	1,3	47314,8	2000,3	16	32004,8
Инженер	14584	0,3	0,2	1,3	28438,8	1495,4	71	106173,4
Итого:								138178,2

Таблица 4.17 – Расчет основной заработной платы для исполнения 3

Исполнители НИ	Z_{mc} , руб	k_{np}	k_{∂}	k_p	Z_m , руб	$Z_{он}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
Руководитель	24264	0,3	0,2	1,3	47314,8	2000,3	15	30004,5
Инженер	14584	0,3	0,2	1,3	28438,8	1495,4	74	110659,6
Итого:								140664,1

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя (исполнение 1):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 27004,1 = 4050,6 \text{ руб} \quad (1.10)$$

– для инженера (исполнение 2):

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 102433,1 = 15365,0 \text{ руб}$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

Таблица 4.18 – Дополнительная заработная плата

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			$k_{\text{доп}}$	Дополнительная заработная плата, руб.		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	27004,1	32004,8	30004,5	0,15	4050,6	4800,7	4500,6
Инженер	102433,1	106173,4	110659,6		15365,0	15926,0	16599,0
Итого:					19415,6	20726,7	21099,6

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя (исполнение 1):

$$\begin{aligned} Z_{\text{внеб}} &= k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (27004,1 + 4050,6) = \\ &= 9316,4 \text{ руб} \end{aligned} \quad (4.11)$$

– для инженера (исполнение 1):

$$\begin{aligned} Z_{\text{внеб}} &= k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) = 0,3 \cdot (102433,1 + 15365,0) = \\ &= 35339,4 \text{ руб} \end{aligned}$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2022 году – 30 % (ст. 425, 426 НК РФ).

Таблица 4.19 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.			Дополнительная заработная плата, руб.			Отчисления во внебюджетные фонды		
	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Руководитель	27004,1	32004,8	30004,5	4050,6	4800,7	4500,6	9316,4	11041,7	10351,5
Исполнитель	102433,1	106173,4	110659,6	15365,0	15926,0	16599,0	35339,4	36629,8	38177,6
К _{внеб}	0,3								
Итого							44655,8	47671,5	48529,1

4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 4. 20 – Группировка затрат для исполнения 1 по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
4950	4850	129437,2	19415,6	44655,8	203308,5

Таблица 4. 21 – Группировка затрат для исполнения 2 по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6

Продолжение таблицы 4.21

Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
4950	4850	138178,2	20726,7	47671,5	216376,4

Таблица 4. 22 – Группировка затрат для исполнения 3 по статьям

Статьи					
1	2	3	4	5	6
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные нужды	Итого без накладных расходов
4950	4850	140664,1	21099,6	48529,1	220092,8

Величина накладных расходов определяется по формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{пр}} \quad (4.12)$$

где $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

4.3.6 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта. Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 4.23.

Таблица 4.23 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	

Продолжение таблицы 4.23

1	Материальные затраты НИР	4850	4850	4850	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	4950	4950	4950	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	129437,1	138178,2	140664,1	Пункт 4.2.3.3
4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	19415,6	20726,7	21099,6	Пункт 4.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	44655,8	47671,5	48529,1	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	32529,4	34620,2	35214,8	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		235837,9	250996,6	255307,6	Сумма ст. 1- 6

Бюджет затрат НИР по первому варианту составил 235837,9 рублей, что ниже затрат по второму и третьему варианту. Наибольшие затраты приходятся на заработную плату.

4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

- 1) Адсорбционная осушка;
- 2) Низкотемпературная сепарация.

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 235837,9$ руб., $\Phi_{\text{исп.1}} = 250996,6$ руб., $\Phi_{\text{исп.2}} = 255307,6$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{235837,9}{255307,6} = 0,92;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.2}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{250996,6}{255307,6} = 0,98;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{\Phi_{\text{исп.3}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{255307,6}{255307,6} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 4.24).

Таблица 4.24 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Критерии	Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3

Продолжение таблицы 4.24

1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,2	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	4	3	3
3. Устойчивость к коррозии	0,1	5	4	3
4. Энергосбережение	0,2	4	3	3
5. Надежность	0,1	4	4	4
6. Материалоёмкость	0,2	4	4	5
ИТОГО	1	4,4	3,7	3,5

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 4,4;$$

$$I_{p2} = 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 = 3,7;$$

$$I_{p3} = 0,2 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 3 + 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 = 3,5;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}^{исп.i}} \quad (4.14)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,4}{0,94} = 4,68, \quad I_{исп.2} = \frac{3,7}{0,98} = 3,75, \quad I_{исп.3} = \frac{3,5}{1} = 3,5.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных (таблица 4.25). Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{сп}$):

$$\mathcal{E}_{спi} = \frac{I_{исп.i}}{I_{исп.1}} \quad (4.15)$$

$$\mathcal{E}_{сп1} = \frac{4,68}{4,68} = 1, \quad \mathcal{E}_{сп2} = \frac{3,75}{4,68} = 0,8, \quad \mathcal{E}_{сп3} = \frac{3,5}{4,68} = 0,65.$$

Таблица 4.25 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,92	0,98	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,4	3,7	3,5
3	Интегральный показатель эффективности	4,68	3,75	3,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,80	0,65

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

4.5 Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество дней для выполнения работ составляет 102 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 98 дней; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 20 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 235837,9 руб.;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,92, что является показателем того, что ИР является финансово выгодной по сравнению с аналогами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,4, по сравнению с 3,7 и 3,5;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,68, по сравнению с 3,75 и 3,05, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
2Б8Д		Бальжиеву Сандаку Вячеславовичу	
Школа	ИШПР	Отделение	Отделение нефтегазового дела
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	21.03.01 Нефтегазовое дело/ Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений

Тема ВКР:

Повышение эффективности абсорбционной осушки газа на Ямбургском нефтегазоконденсатном месторождении

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>Введение</p> <ul style="list-style-type: none"> – Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения. – Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации 	<p>Объект исследования: установка подготовки природного газа к транспорту на Ямбургского нефтегазоконденсатного месторождения. Область применения: установка комплексной подготовки природного газа. Рабочая зона: производственное помещение. Размеры помещения: 100*50 м. Количество и наименование оборудования рабочей зоны: абсорбер, сепаратор. Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: контроль параметров, предварительная сепарация газа, абсорбционная осушка, очистка газа от диэтиленгликоля, уносимого из массообменной секции.</p>
--	--

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	<p>Специальные правовые нормы трудового законодательства, на основе документов по охране труда и технике безопасности. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны (организация санитарно-бытового обслуживания).</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ потенциально вредных и опасных производственных факторов; – Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов. 	<p>Анализ потенциальных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды (ОВПФ):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Повышенный уровень шума; 2. Повышенный уровень общей вибрации; 3. Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека; 4. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 5. Производственные факторы, связанные с электрическим током; 6. Сосуды под давлением; 7. Взрывопожаробезопасность;

	Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: СКЗ, СИЗ.
3. Экологическая безопасность при разработке проектного решения:	<p>Воздействие на селитебную зону: выбросы паров газа при аварии и выбросах вредных веществ;</p> <p>Воздействие на литосферу: твердые бытовые и строительные отходы, разливание растворов и химических реагентов;</p> <p>Воздействие на гидросферу: промышленные стоки в сточные воды;</p> <p>Воздействие на атмосферу: выбросы в атмосферу оксидов углерода и азота, метана.</p>
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при разработке проектного решения	<p>Возможные ЧС: пожар; выброс газа в атмосферу; отказ систем безопасности; нарушение контроля и управления оборудования, работающих под высоким давлением.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: утечка токсичных и взрывопожароопасных веществ.</p>
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД	Гуляев Милий Всеволодович			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Б8Д	Бальжиев Сандак Вячеславович		

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В процессе подготовки газа на установке комплексной подготовки газа на промыслах, ремонту и эксплуатации сопутствующего оборудования возникает множество факторов, оказывающих влияние на безопасность и безвредность труда. Поэтому необходима детальная проработка всех производственных процессов, протекающих на месторождении, с учетом безопасности рабочего персонала, для уменьшения риска травмирования и предотвращения несчастных случаев:

- оценка технического состояния оборудования, задействованного в мероприятии и его соответствие требованиям техники безопасности.
- соответствие принятым нормам санитарных требований;
- оснащение средствами, разработка и исполнение инструкций по мерам пожарной безопасности;
- предупреждение аварий и чрезвычайных ситуаций.

При выполнении требований безопасности жизнедеятельности и охраны труда в процессе эксплуатации установок комплексной подготовки газа, а также проведении мероприятий по снижению травматизма, нормированию параметров микроклимата и освещённости, будет достигнуто повышение производительности труда и улучшение трудоспособности работников.

Соблюдение экологических норм по охране недр является основной частью комплекса природоохранных мер по предотвращению пагубного воздействия на окружающую среду в процессе подготовки природного газа.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К работам на производственных объектах допускаются лица старше 18 лет, не имеющие медицинских противопоказаний для работы в условиях

Крайнего Севера и с учетом вредных и опасных производственных факторов, прошедшие соответствующее обучение, инструктаж и проверку знаний по безопасному ведению работ.

При работе в условиях крайнего севера, или регионах приближенным к условиям крайнего севера, к размеру заработной платы персонала добавляются так же определённые коэффициенты, согласно статьям трудового кодекса 316 «районный коэффициент к заработной плате» и 317 «процентная надбавка к заработной плате», так же предоставления ежегодного дополнительного оплачиваемого отпуска, согласно статье 321.

Рабочая смена за пультом управления составляет 12 часов. Контроль над работой оборудования должен происходить всегда, то есть работы проводятся в две смены. Запрещен допуск к работе женщин и подростков, также сотрудников, не имеющих допуск к работе. Каждому оператору в обязательном порядке выдается 2 комплекта спецодежды. Оператор может устранять мелкие неполадки в работе установки, но запрещается допуск к устранению серьезных поломок. При обнаружении таковых незамедлительно сообщить сменному инженеру и вызвать бригаду ремонтников.[17]

Согласно статье 109 Трудового Кодекса РФ работникам, работающим в холодное время года на открытом воздухе, предоставляются специальные перерывы для обогрева и отдыха, которые включаются в рабочее время.

5.2 Производственная безопасность

Рассмотрим основные наиболее вероятные вредные и опасные производственные факторы на рабочих местах, которые могут иметь место при выполнении данных видов работ, представленных в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-2014 Шум. Общие требования безопасности [18]
Повышенный уровень общей вибрации	ГОСТ 12.1.012-2004 Вибрационная безопасность. Общие требования [19]
Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека	ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны [20] ГОСТ 10136-2019. Диэтиленгликоль. Технические условия [25]
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* [21]
Производственные факторы, связанные с электрическим током	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [22] ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля [23] ГОСТ 12.4.124-83 ССБТ. Средства защиты от статического электричества [27]
Сосуды под давлением	ПБ 03-576-03 [28]
Взрывопожаробезопасность	ФЗ от 22.07.2013 г. №123, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [24]

5.3 Анализ опасных и вредных производственных факторов

5.3.1 Повышенный уровень шума

Шум – звуковые колебания в диапазоне слышимых частот, способные оказать вредное воздействие на безопасность и здоровье работника [18]. Среди многочисленных источников шума можно выделить основные: движение газа

через сужения и отводы газопроводов, работа насосов и турбодетандерных агрегатов, а также многочисленные вентиляционные установки в каждом помещении.

Шум на рабочем месте оказывает раздражающее влияние на работника, повышает его утомляемость, а при выполнении задач, требующих внимания и сосредоточенности, способен привести к росту ошибок и увеличению продолжительности выполнения задания. Длительное воздействие шума влечет тугоухость работника вплоть до его полной глухоты, увеличение риска артериальной гипертензии, болезней сердечно-сосудистой, нервной системы [18].

Нормативным эквивалентным уровнем звука на рабочих местах, является 80 дБА. При воздействии шума в границах 80-85 дБА и выше работодателю необходимо минимизировать возможные негативные последствия путем выполнения следующих мероприятий: снижения шумовых характеристик оборудования; информирование работающего с оборудованием персонала о минимальных шумовых режимах работы и недопущение в данные рабочие зоны посторонних рабочих; использование защитных экранов, кожухов и звукопоглощающих покрытий; обязательное предоставление рабочим СИЗ органов слуха.

5.3.2 Повышенный уровень вибрации

Насосы и различное компрессорное оборудование также является причиной повышенной вибрации. Повышенная вибрация наблюдается на местах работы водителей автотранспортных средств и металло- и деревообрабатывающих оборудований. Повышенное вибрационное воздействие ведет не только к значительному снижению комфортности условий труда, но и к ухудшению состояния здоровья работников (поражение нервной системы, зрительного и вестибулярного аппарата) вплоть до профессиональных заболеваний.

Ответственность за соблюдение установленных гигиенических нормативов по вибрации на рабочих местах лежит на работодателе. Для этого он должен применять меры, направленные на снижение вибрационной нагрузки, в частности: использование установок с пониженной виброактивностью и оптимальное их размещение относительно рабочего места; использование материалов и конструкций, препятствующих распространению вибрации; обучение рабочих, не имеющих медицинских противопоказаний, правильному применению машин; контроль за вибрацией на рабочих местах и за правильным использованием средств виброзащиты.

Машина считается виброопасной если в любых режимах ее работы и любых условиях ее применения максимальное значение эквивалентного скорректированного виброускорения не превышает $2,0 \text{ м/с}^2$ для локальной и $0,56 \text{ м/с}^2$ для общей вибрации [19].

5.3.3 Опасные и вредные производственные факторы, обладающие свойствами химического воздействия на организм работающего человека

Все технологические установки непосредственно связанные с подготовкой газа содержат в своих полостях природный газ, который в больших концентрациях является отравляющим веществом, может воздействовать на нервную систему, вызывать удушье и головную боль. Также в производстве используются такие вредные вещества как диэтиленгликоль, метанол и одорант. Метанол в небольших количествах вызывает повреждение большинства внутренних органов и потерю зрения, а большое количество приводит к летальному исходу. Диэтиленгликоль токсичен: при попадании в организм вызывает острое отравление, действует на почки, печень [25]. Меркаптаны, применяемые в качестве одорантов, в малых концентрациях вызывают головную боль и тошноты, в больших – судороги и остановку дыхания.

Таблица 5.2 – Токсические свойства сырья и полупродуктов производства [20]

Наименование	Агрегатное состояние	Класс опасности	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³
Газ природный	Газ	4	7000
Метанол	Жидкость	3	5
Диэтиленгликоль	Жидкость	3	10

Для минимизации воздействия данных веществ применяются СИЗ – противогазы, газоанализаторы и СКЗ – активная вентиляция и проветривание помещений перед работой и осмотром в них. Проводятся инструктажи при газоопасных работах и работах с отравляющими веществами. При работе с жидкими веществами предусмотрены резиновые перчатки, сапоги и защитные очки [9].

Предельно допустимые концентрации в воздухе рабочей зоны для природного газа являются не более 7000 мг/м³, для метанола – не более 5 мг/м³, для диэтиленгликоля – не более 10 мг/м³ [20].

5.3.4 Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения

Недостаточная освещенность – вредный фактор, который вызывает снижение зрения и даже слепоту, повышает утомляемость и снижает работоспособность. При работе персонала промысла преобладает общее освещение.

Таблица 5.3 – Рекомендуемые световые отдачи приборов общего освещения [21]

Тип источника света	Световая отдача приборов не менее, лм/Вт, при минимально допустимых индексах цветопередачи R _a			
	R _a >80	R _a >60	R _a >40	R _a >20
Световые приборы для общего освещения помещений				

Продолжение таблицы 5.3

Световые приборы со светодиодными источниками света и светодиодными модулями	90	100		
Световые приборы с люминесцентными источниками света	50	40		
Световые приборы с металлогалогенными источниками света	55	50		
Световые приборы с натриевыми лампами высокого давления		50	60	

Минимальная освещенность на рабочих местах не должна отличаться от нормируемой средней освещенности в помещении более чем на 10%. К средствам нормализации освещенности производственных помещений рабочих мест относятся: источники света, осветительные приборы, световые проемы, светозащитные устройства, светофильтры, защитные очки [21].

При правильном размещении источников света на рабочем месте, использовании комбинированного освещения (общее освещение цеха и местное – при помощи ламп), а также отдых в условиях освещенности дневным (солнечным) светом создает благоприятные и безопасные условия труда и снижает риск травматизма.

Норма соответствия освещенности в цеху по СНиП 23-05-95* составляет не менее 400 лк [21].

5.3.5 Производственные факторы, связанные с электрическим током

Производственное помещение относится к группе без повышенной опасности, в котором соблюдены оптимальные и допустимые условия по микроклимату, температурному режиму, не характеризующиеся сыростью, влажностью, риском получения электротравмы при одновременном прикосновении к соединенным с землей металлоконструкциям зданий или сооружений, к металлическим корпусам оборудования или машин.

Для того чтобы исключить возможность поражения электрическим током, на УКПГ применяются различные технические способы и средства защиты: защитное заземление, защитное зануление, изоляцию проводников, токоведущие сети располагают на высоте или применяют ограждения, блокировки, сигнализацию. Голые электропровода, шинопроводы, щиты управления помещают в специальные ящики, шкафы или закрывают сплошными или сетчатыми ограждениями [22].

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются:

- несоответствие электроустановок, средств защиты и приспособлений требованиям безопасности и условиям применения;
- дефекты устройства электроустановок и защитных средств (дефекты конструирования, изготовления, монтажа, ремонта);
- неисправности электроустановок и защитных средств, возникшие в процессе эксплуатации;
- несоответствие типа электроустановки и защитных средств условиям применения;
- использование защитных средств с истекшим сроком периодических испытаний [22].

К средствам коллективной защиты от поражения электрическим током относятся:

- оградительные устройства;
- устройства автоматического контроля и сигнализации;
- изолирующие устройства и покрытия;
- устройства защитного заземления и зануления;
- устройства автоматического отключения;
- устройства выравнивания потенциалов и понижения напряжения;
- устройства дистанционного управления;
- предохранительные устройства;

- молниеотводы и разрядники;
- знаки безопасности [22].

Защита персонала от статического электричества обеспечивается специальной одеждой, предотвращающей накопление статического электрического заряда. Предупредительные таблички о классе помещения и оборудования по электробезопасности, а также о круге допускаемых к работе лиц.

Средства коллективной защиты от статического электричества по принципу действия делятся на следующие виды:

- заземляющие устройства;
- нейтрализаторы;
- увлажняющие устройства;
- антиэлектростатические вещества;
- экранирующие устройства.

Средства индивидуальной защиты в зависимости от назначения делятся на:

- специальную одежду антиэлектростатическую;
- специальную обувь антиэлектростатическую;
- предохранительные приспособления антиэлектростатические (кольца и браслеты);
- средства защиты рук антиэлектростатические [27].

5.3.6 Сосуды под давлением

Основная опасность при эксплуатации сосудов под давлением - возможность их разрушения под действием давления рабочей среды. При физическом взрыве энергия сжатой среды в течение малого промежутка времени реализуется в кинетическую энергию осколков разрушенного сосуда и воздушную ударную волну. При этом осколки могут разлетаться на несколько сотен метров и при соударении с технологическим оборудованием,

емкостями вызвать их разрушение, приводя к возможности возникновения взрывов и пожаров и гибели людей. Мощность физических взрывов сосудов весьма велика. Например, мощность взрыва сосуда вместимостью 1 м³, находящегося под давлением воздуха, равным 1 МПа, составляет 13 МВт.

Наиболее частыми причинами аварий и взрывов сосудов, работающих под давлением, являются несоответствие конструкции максимально допустимому давлению и температурному режиму, превышение давления сверх предельного, потеря механической прочности аппарата (коррозия, внутренние дефекты металла, местные перегревы), несоблюдение установленного режима работы, отсутствие необходимого технического надзора, ошибочные действия обслуживающего персонала.

Требования безопасности, предъявляемые к устройству, изготовлению и эксплуатации сосудов, работающих под давлением, определены "Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением" ПБ 03-576-03 [28]. К сосудам, на которые распространяются эти правила, относятся: сосуды, работающие под избыточным давлением свыше 0,07 МПа (0,7 кгс/см²); баллоны, предназначенные для перевозки и хранения сжатых, сжиженных и растворенных газов под давлением свыше 0,07 МПа, сосуды, работающие под давлением воды с температурой выше 115°C или другой жидкости с температурой, превышающей температуру кипения при давлении 0,07 МПа.

Правила устанавливают специальные требования безопасности к конструкции и материалам сосудов, к изготовлению, монтажу и ремонту, к арматуре, контрольно-измерительным приборам и предохранительным устройствам, к установке, регистрации и техническому освидетельствованию сосудов, к содержанию и обслуживанию их [28].

Конструкция сосудов должна быть надежной, обеспечивать безопасность при эксплуатации и предусматривать возможность осмотра, очистки, промывки, продувки и ремонта сосудов. Так, сосуды с внутренним

диаметром более 800 мм должны иметь люки, а с диаметром менее 800 мм – лючки в местах, доступных для обслуживания [28].

5.3.7 Взрывопожаробезопасность

Природный газ сам по себе является источником воспламенения при его концентрации в воздухе от 5 до 15%. Также ДЭГ, использующийся в аппаратах осушки, является взрывопожароопасным веществом при концентрационных пределах распространения пламени $0,62 \div 6,8\%$ [9]. Опасный фактор огневого шара паровоздушной смеси углеводородов – тепловой импульс, и как следствие ожоги различной степени тяжести вплоть до летального исхода, удушение продуктами горения природного газа.

По виду горючего материала производственное помещение относится к категории С – пожары газов [24].

Производственные и служебные помещения, технологическое оборудование укомплектовано необходимыми первичными средствами пожаротушения согласно нормам.

На видных местах необходимо размещать схемы эвакуации людей в случае пожара, инструкции, определяющие действия персонала по обеспечению безопасной и быстрой эвакуации, устройства систем оповещения о пожаре, таблички с указанием телефона пожарной части 01 или 112.

Проведение огневых (электро- и газосварка, бензорезка, паяльные работы, работа с электроинструментом и др.) на газовых объектах осуществляется только после оформления наряда-допуска на выполнение работ повышенной опасности.

Основные методы предотвращения возгораний – герметичная конструкция всех емкостей и резервуаров, а также активная вентиляция помещений и цехов; использование персоналом обмедненного инструмента, предотвращающего возникновение искр. В качестве огнегасительных веществ

пожаротушения применяется пар, вода, углекислый газ, песок, химические порошки.

Для локализации или ликвидации загорания на начальной стадии используются первичные средства пожаротушения. Первичные средства пожаротушения обычно применяют до прибытия пожарной команды. Огнетушители водные (ОВП-10-5 шт.) используют для тушения очагов пожара без наличия электроэнергии. Углекислотные (ОУ-2-2 шт.) и порошковые (ОП-5-2 шт.) огнетушители предназначены для тушения электроустановок, находящихся под напряжением до 1000В. Для тушения токоведущих частей и электроустановок применяется переносной порошковый огнетушитель, например ОП-5. В общественных зданиях и сооружениях на каждом этаже должно размещаться не менее двух переносных огнетушителей. Огнетушители следует располагать на видных местах вблизи от выходов из помещений на высоте не более 1,35 м. Размещение первичных средств пожаротушения в коридорах, переходах не должно препятствовать безопасной эвакуации людей. На территории промысла располагаются также пожарные щиты и гидранты, пожароводное оборудование, емкости с песком; каждый рабочий обеспечивается СИЗОД.

Для предупреждения пожара и взрыва необходимо предусмотреть:

1. специальные изолированные помещения для хранения и разлива легковоспламеняющихся жидкостей (ЛВЖ), оборудованные приточно-вытяжной вентиляцией во взрывобезопасном исполнении;
2. специальные помещения (для хранения в таре пылеобразной канифоли), изолированные от нагревательных приборов и нагретых частей оборудования;
3. первичные средства пожаротушения на производственных участках (передвижные углекислые огнетушители, пенные огнетушители, ящики с песком);

4. автоматические сигнализаторы для сигнализации о присутствии в воздухе помещений дозрывных концентраций горючих паров растворителей и их смесей.

5.4 Экологическая безопасность

Вопросы о экологической безопасности, а именно использование энергоэффективных технологий, минимизирующих воздействие на окружающую среду, при проведении технологических работ является основным условием охраны природопользования. Разрабатываемые на предприятии ежегодные программы природоохранных мероприятий согласовываются с природоохранными организациями Ямало-Ненецкого автономного округа службой санитарно-эпидемиологического надзора. Ежегодно по завершении программ составляется отчет о выполнении мероприятий, который позволяет оценить их эффективность и произвести корректировку реализуемой программы. При разработке месторождения осуществляется мониторинг окружающей среды с регулярными проверками эффективности природоохранных предприятий и выявлением ранее не предсказанных экологических эффектов.

Особое отрицательное воздействие на природные ресурсы и компоненты окружающей среды оказывают вредные факторы, представленные в таблице 5.4, где также описаны основные природоохранные мероприятия.

Таблица 5.4 – Вредные воздействия на окружающую среду и природоохранные мероприятия при эксплуатации систем подачи химических веществ

Природные ресурсы и компоненты окружающей среды	Вредные воздействия	Природоохранные мероприятия
Атмосферный воздух	Выбросы продуктов сгорания природного газа	Тщательный контроль за оборудованием

Продолжение таблицы 5.4

Вода и водный объект	Загрязнение промышленными стоками	Подготовка промышленных стоков
	Загрязнение бытовыми стоками	Созданы очистные сооружения для бытовых стоков (канализационные устройства)
Земля и земельные ресурсы	Загрязнение почвы химическими веществами	Отправление отходов на полигон для их дальнейшей утилизации.
	Засорение почвы производственными и бытовыми отходами	Отходы производства направляются на переработку и обезвреживание.

5.4.1 Защита атмосферы

Работа газового промысла включает работу множества технологических мощностей, оказывающих пагубное влияние на воздушное состояние окружающей среды. Так, источники воздействия подразделяются на периодические и постоянные. К постоянным относятся: дымовые трубы печей цехов регенерации ДЭГа и метанола, горизонтальные факельные установки, вентиляционные трубы, трубы цехов распределения газа на собственные нужды, трубы цехов подготовки импульсного и пускового газов и т.д. К источникам периодического действия относятся: свечи (трубы) продувки газопроводов газа, оборудования, свеча рассеивания УКПГ, пусковые свечи газоперекачивающего агрегата, свечи стравливания газа и т.д. В случае возникновения аварийной ситуации источниками загрязнения атмосферы становятся также выхлопные трубы аварийных дизельных электростанций. В целях обеспечения содержания вредных веществ в приземном слое атмосферы в количествах, не превышающих их предельно-допустимую концентрацию в воздухе, по каждому стационарному источнику выбросов расчетным путем (с учетом рассеивания) определены максимальные величины предельно допустимых выбросов (ПДВ).

Основные мероприятия, проводимые в ООО "Газпром добыча Ямбург" по предупреждению загрязнения атмосферного воздуха включают и себя:

- контроль выхлопных газов автотранспорта на дымность, содержание окиси углерода с целью последующей регулировки двигателей для снижения концентрации вредных веществ в выбросах до нормативных величин;
- контроль дымовых газов котельных, технологических печей и других стационарных источников выбросов на содержание окиси углерода, окислов азота для установления оптимальных режимов сжигания природного газа и уменьшения концентрации указанных вредных веществ;
- утилизацию промстоков путем закачки их в поглощающие горизонты вместо сжигания с природным газом на горизонтальных факельных установках.

5.4.2 Защита гидросферы

К основным источникам загрязнения водоемов относятся неочищенные хозяйственно-бытовые стоки, промстоки, образующиеся при добыче и подготовке природного газа, содержащие метанол, диэтиленгликоль, нефтепродукты, компоненты пластовой воды, а также ливневые стоки загрязненные вредными веществами, находящимися в атмосферном воздухе и почве

Охрана водных ресурсов предусматривает поддержание оптимального качества водных ресурсов в состоянии, отвечающем санитарным и экологическим требованиям (установление водоохраных зон); защиту объектов от загрязнения и истощения; предотвращение или ликвидацию вредных воздействий техногенного характера, а также сохранение биологического многообразия экосистем. Обеспечение охраны водных ресурсов заключено в выполнении требований по утилизации отходов производства (пластовая вода и конденсат, вода с установки регенерации ДЭГа, промывные воды).

Промышленные стоки, содержащие значительные количества загрязняющих веществ, не поддающихся эффективной очистке, утилизируются закачкой в пласт, а в аварийных случаях сжигаются на горизонтальных факельных установках.

5.4.3 Защита литосферы

Почвы в условиях Крайнего Севера способны в значительной степени аккумулировать загрязняющие вещества, что ведет к загрязнению поверхностных вод и представляет серьезную угрозу загрязнения природных водоемов. Так, например, углеводородные загрязнители (нефтепродукты) – стойкие химические соединения, способные длительное время сохраняться в различных природных средах. Восстановление растительного покрова (биоценоза) на нарушенных при обустройстве месторождений землях, естественным путем происходит длительное время - в течение 90-100 лет.

Предусматривается отдельный сбор бытовых и производственных отходов, утилизация которых производится на специальных полигонах; хранение ГСМ и лакокрасочных жидкостей осуществляется в специальных емкостях, установленных на бетонированных площадках.

5.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Эксплуатация объектов повышенной опасности включает высокую степень возникновения чрезвычайных происшествий. Технология подготовки газа на газовых месторождениях напрямую связана с работой с пожароопасными и легковоспламеняющимися веществами, высокими давлениями и скоростями в агрегатах и трубопроводах, а также высокими температурами. Источниками воспламенения могут быть открытый огонь технологических установок, раскаленные или нагретые стенки аппаратов и оборудования, искры электрооборудования, статическое электричество, искры удара и трения деталей машин и оборудования и др.

А также нарушение норм и правил хранения пожароопасных материалов, неосторожное обращение с огнем, использование открытого огня факелов, паяльных ламп, курение в запрещенных местах, невыполнение противопожарных мероприятий по оборудованию пожарного водоснабжение, пожарной сигнализации, обеспечение первичными средствами пожаротушения и др.

Неконтролируемое воспламенение на территории газового промысла, сопровождающаяся пожаром и взрывом, может привести к весьма тяжким последствиям не только для самого производства и людей его обслуживающих, но и для окружающей среды. В этой связи чрезвычайно важно правильно оценить уже на стадии проектирования пожаро- и взрывоопасность технологического процесса, выявить возможные причины аварий, определить опасные факторы и научно обосновать выбор способов и средств пожаро- и взрывопредупреждения и защиты.

Для ликвидации аварии следует точно определить место утечки, локализовать опасный участок, далее следовать плану ликвидации возможных аварий и пожаров, который разработан для каждого цеха.

Для предупреждения и предотвращения ЧС на предприятии действует отдел ГО и ЧС, который решает задачи выявления потенциальных источников ЧС на территории предприятия и риск их возникновения. На основе проведенного анализа с помощью специальных методик выявляются потенциально опасные производственные объекты и на основе этого прогнозируются последствия воздействия возможных ЧС на население и подведомственные территории. Отталкиваясь от полученных результатов, осуществляется выбор, обоснование и реализация направлений деятельности обеспечения защиты населения и территории предприятия. К ним относятся:

- осуществление комплекса профилактических мероприятий по предотвращению возникновения и снижению ущерба от ЧС;
- организация защиты населения и его жизнеобеспечения в ЧС;
- обеспечение устойчивости работы хозяйственных объектов в ЧС;

– организация аварийно-спасательных и других неотложных работ в очагах поражения и зонах заражения.

Вывод по разделу

Безопасность на производстве и здоровье персонала – один из важнейших факторов, гарантирующих успешное развитие и позволяющих создать хорошее мнение о работодателе среди сотрудников. В противном случае пренебрежение правилами и требованиями безопасности может привести к печальным последствиям. Необходимо сохранять дальнейшую тенденцию к повышению значимости безопасности жизни и здоровья трудящихся на предприятии.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе для повышения эффективности абсорбционной осушки было исследовано влияние различных факторов, влияющие на температуру точки росы осушенного газа и количество уносимого с газом абсорбента в программной среде «Honeywell Unisim Design».

С целью уменьшения температуры точки росы был произведен подбор оптимальных параметров в различных диапазонах:

- температура контакта газ- абсорбент – 5-30 °С
- давление в абсорбере – 3-5,6 МПа;
- концентрация регенерированного абсорбента – 97,5-99,0%;
- расход регенерированного абсорбента – 100-1000 м³/ч;

Исследование влияния температуры контакта на температуру точки росы позволило сделать следующие выводы: увеличение первого приводит к увеличению второго. Так, при температуре контакта 5 °С точка росы равна -27,79 °С, при 30 °С данное значение составляет +24,96 °С. Количество уносимого абсорбента при изменении температуры контакта от 5 °С до 30 °С возросло с 113,96 кг/ч до 1199,50 кг/ч.

Давление в абсорбере также играет большую роль в процессе осушки газа. При изменении давления от 3 МПа до 5,6 МПа температура точки росы и количество уносимого абсорбента увеличиваются с -27,54 °С до -7,12 °С и с 109,67 кг/ч до 428,78 кг/ч соответственно.

С увеличением концентрации абсорбента увеличивается и температура точки росы. При изменении концентрации от 97,5 % масс. до 99,0 % масс. температура точки росы уменьшается от -15,7 °С до -32,83 °С, количество уносимого абсорбента увеличиваются с 177,13 кг/ч до 199,57 кг/ч соответственно.

Расход подаваемого абсорбента в данной модели установки осушки газа влияет значительно меньше в отличии от вышеперечисленных параметров. При изменении расхода абсорбента от 100 м³/ч до 1000 м³/ч

температура точки росы уменьшается с $-6,38$ °С до $-21,08$ °С, количество уносимого абсорбента также увеличивается с $143,44$ кг/ч до $188,02$ кг/ч.

Путем подбора оптимальных данных была получена наименьшая температура точки росы осушенного газа с применением ДЭГ при значениях:

- давление в абсорбере 3 МПа;
- температура контакта газ-ДЭГ 5 °С;
- концентрация ДЭГ $99,0$ % масс.;
- расход 1000 м³/ч.

Температура и количество уносимого с газом ДЭГ уменьшились на $16,64$ °С ($44,11$ %) и, соответственно, на $123,3$ кг/ч ($65,58$ %). Использование концентрации гликоля $99,5$ % приведет к большим потерям абсорбента. В связи с этим концентрация ДЭГ составила 99 %. Вышеперечисленные результаты свидетельствуют о положительном применении оптимизации параметров с целью повышения эффективности абсорбционной осушки газа. Применение триэтиленгликоля позволит значительно уменьшить количество уносимого с газом абсорбента.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Статистический обзор мировой энергетики [Электронный ресурс] – URL: <https://www.bp.com>, свободный. — Яз. англ. Дата обращения: 20.04.2022.
2. Крупнейшие месторождения газа в России [Электронный ресурс] – URL: <https://vivareit.ru/krupnejshie-mestorozhdeniya-gaza-v-rossii/>, свободный. Дата обращения: 20.04.2022.
3. Газовые регионы России [Электронный ресурс] – URL: <https://dprom.online/oilngas/gazovye-regiony-rossii/>, свободный. Дата обращения: 20.04.2022.
4. Колокольцев С.Н. Совершенствование технологий подготовки и переработки углеводородных газов / С.Н. Колокольцев. – М.: ЛЕНАНД, 2015 – 600 с.
5. Берлин М.А. Квалифицированная первичная переработка нефтяных и природных углеводородных газов / М.А. Берлин, В.Г. Гореченков, В.П. Капралов. – Краснодар: Советская Кубань, 2012 – 520 с.
6. Проект Ямбург [Электронный ресурс] – URL: <https://polar.gazprom-neft.ru/business/service3/>, свободный. Дата обращения: 10.03.2022.
7. Газпром добыча Ямбург [Электронный ресурс] – URL: <https://yamburg-dobycha.gazprom.ru/about/>, свободный. Дата обращения: 10.03.2022.
8. Арнольд К. Справочник по оборудованию для комплексной подготовки газа. Промысловая подготовка углеводородов / К. Арнольд, М. Стюарт; пер. с англ. Б.Н. Климзо – М.: ООО «Премиум Инжиниринг», 2012. – 630 с
9. Технологический регламент эксплуатации установки комплексной подготовки газа ГП-7 Ямбургского НГКМ. – 2018 г. – 286 с.

10. Берлин М.А. Переработка нефтяных и природных газов / В.Г. Гореченков, Н.П. Волков – М.: Химия, 1981. – 472 с.
11. Земенков Ю.Д. Сбор и подготовка нефти и газа: учебник / Л.М. Маркова, А.Д. Прохоров, С.М. Дудин. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 160 с.
12. СТО Газпром 089-2010 Газ горючий природный, поставляемый и транспортируемый по магистральным газопроводам. Технические условия.
13. Программное обеспечение Honeywell Unisim Design – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Продукт:Honeywell_UniSim_Design, свободный. Дата обращения: 12.04.2022.
14. Кидни А.Дж. Основы переработки природного газа / А.Дж. Кидни, У.Р. Парриш, Д.Маккартни, пер с англ яз. 2-го изд. Под ред. О.П. Лыкова, И.А. Голубевой. – СПб.: ЦОП «Проффесия», 2014. – 664 с.
15. Агабеков В.Е. Нефть и газ: технологии и продукты переработки / В.Е. Агабеков, В.К. Косяков. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 459 с.
16. Жданова Н.В., Халиф А.Л. Осушка углеводородных газов. М.: Изд. «Химия». – 1984. – 192 с.
17. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов».
18. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
19. ГОСТ 12.1.012-2004 Вибрационная безопасность. Общие требования.
20. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
21. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.
22. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

23. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
24. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности.
25. ГОСТ 10136-2019. Диэтиленгликоль. Технические условия (с Поправкой). М.: Изд-во стандартов. – 01.05.2020. – 19 с.
26. ГОСТ 12.0.003-15 «Опасные и вредные производственные факторы». Классификация.
27. ГОСТ 12.4.124-83 ССБТ. Средства защиты от статического электричества.
28. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.