

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии, биотехнологии
 Отделение школы (НОЦ) ОХИ

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Моделирование и оптимизация технологических процессов комплексной подготовки газового конденсата

УДК 622.279.8-074.58

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM71	Мартынова Екатерина Викторовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Бешагина Е. В.	К. Х. Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Криницына З. В.	к.т.н. доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Сотникова А. А.			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Самборская М. А.			

Планируемые результаты освоения ООП

Код	Результат обучения
Р1	Применять глубокие математические, естественнонаучные, социально- экономические и профессиональные знания в области энерго- и ресурсосберегающих процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Р2	Ставить и решать инновационные задачи производственного анализа и проектирования, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии, нефтехимии и биотехнологии с учетом минимизации антропогенного воздействия на окружающую среду.
Р3	Разрабатывать и проектировать новые технологические процессы на основе математического моделирования, проектировать и использовать энерго-и ресурсосберегающее оборудование химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Р4	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области разработки и оптимизации технологических процессов и систем с позиций энерго- и ресурсосбережения
Р5	Внедрять и эксплуатировать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.

P6	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной профессиональной деятельности, заниматься педагогической деятельностью в сфере профессионального образования.
P7	Формулировать, разрабатывать и реализовывать методы решения научно-исследовательских задач, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств представлять и защищать результаты
P8	Проводить все стадии проектирования с использованием методов математического моделирования, коммерческих симуляторов и пакетов прикладных программ, в области ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств
P9	Разрабатывать учебно-методическую документацию, ставить новые лабораторные работы, проводить практические занятия по теме, ресурсоэффективности и инжиниринга нефтегазоперерабатывающих и нефтехимических производств

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

Школа Инженерная школа природных ресурсов
Направление подготовки Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии, биотехнологии
Отделение школы (НОЦ) ОХИ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель ООП
Самборская М. А.
(Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерская работа

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

Студенту:

Группа	ФИО
2KM71	Мартынова Екатерина Викторовна

Тема работы:

Моделирование влияния технологических параметров на процессы комплексной подготовки газового конденсата	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	От 26.03.2019 № 2342/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	26.05.2017г.
--	--------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	Объект – установка комплексной подготовки газа (УКПГ). Режим работы УКПГ – непрерывный, круглосуточный. Сырье – пластовый газ (газоконденсатная смесь). Качество газа на выходе с УКПГ должно соответствовать требованиям СТО Газпром 089-2010, качество конденсата – требованиям ГОСТ 54389-2011.
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).	Аналитический обзор по литературным источникам технологий и оборудования для промышленной подготовки природного газа и конденсата. Исследование влияния технологических параметров на качество подготовки газа. Оптимизация режимов проведения процессов подготовки газа и газового конденсата. Анализ полученных результатов, выводы и рекомендации. Расчет установки ректификации для регенерации метанола
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Технологическая схема УКПГ -1лист; Результаты расчета-3листа; Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение-1лист.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант

Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Криницина Зоя Вастльевна
Социальная ответственность	Сотникова Анна Александровна
Иностранный язык	Макаровских Александра Викторовна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	14.01.2019 г.

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Бешагина Евгения Владимировна	к.х.н.		14.01.2019 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM71	Мартынова Екатерина Викторовна		14.01.2019 г.

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

Студенту:

Группа		ФИО	
2KM71		Мартынова Екатерина Викторовна	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Подразделение	ОХИ
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	Энерго-ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:			
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих		Работа с применением моделирующей системы определения оптимальных режимов работы установок комплексной подготовки газа (УКПГ), исследование влияния оптимальных технологических параметров на выход товарного газа.	
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов			
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования			
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:			
1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ		Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.	
2. Разработка устава научно-технического проекта		Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.	
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок		Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НТИ.	
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности		Проведение оценки экономической эффективности исследования.	
Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)			
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. График проведения и бюджет НТИ 4. Расчёт денежного потока 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ			
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику			14 февраля 2019 г.

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына З.В.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2KM71	Мартынова Е. В.		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 109 страниц, 12 рисунков, 32 таблиц, 57 источников.

Ключевые слова: газ, газовый конденсат, сепаратор, влагосодержание, газовые гидраты, математическое моделирование, товарный газ, низкотемпературная сепарация,

Объектом исследования является установка комплексной подготовки газа и газового конденсата в процессе разработки месторождения Западной Сибири.

Цель работы: Моделирование влияния технологических параметров на процессы комплексной подготовки газового конденсата

Основные задачи:

В процессе проведенных исследований определено влияние технологических параметров на выход товарного газа и качество его подготовки, выбраны оптимальные технологические режимы для разных этапов разработки месторождения, расчет установки ректификации регенерации метанола.

Определена экономическая значимость: рассчитали и оптимизировали конкурентоспособную разработку, отвечающую современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Для выполнения аттестационной работы использовался текстовый редактор MicrosoftWord, таблицы и графики выполнялись в MicrosoftExcel, презентация подготовлена с помощью MicrosoftPowerPointl.

Условные сокращения

УКПГ – установка комплексной подготовки газа

МС – моделирующая система

НТС – низкотемпературная сепарация

НТК – низкотемпературная конденсация

САПР – системы автоматизированного проектирования

УДСК – установка деэтанзации и стабилизации конденсата

ШФЛУ – широкие фракции легких углеводородов

УВШ – узел входа шлейфов

ТМС – технологическая моделирующая система

Нормативные ссылки

В настоящей работе использовались ссылки на следующие стандарты:

ОСТ 51.40-95 "Газы горючие природные, поставляемые и транспортируемые по магистральным газопроводам"

ГОСТ Р 54389-201 "Конденсат газовый стабильный. Технические условия"

[ГОСТ12.0.003](#)-74"ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация"

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

ГОСТ 12.1.012-78"ССБТ. Вибрация. Общие требования безопасности"

ГОСТ 12.1.005-88" ССБТ. Общие санитарно - гигиенически требования к воздуху рабочейзоны"

СН 2.2.4/2.1.8.562-93"Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий на территориях жилой застройки"

СН2.2.4/2.1.8.566 - 96 "Производственная вибрация. Вибрация в помещениях жилых и общественных зданий"

ГОСТ 12.1.018-93" ССБТ. Пожаро- взрывобезопасность статического электричества. Общие требования"

ГОСТ 12.1.029-80 "Средства и методы защиты от шума. Классификация"

СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений"

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

ГОСТ 12.4.124-83" ССБТ. Средства защиты от статического электричества. Общие технические требования"

ГОСТом 12.4.034-85" ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания. Классификация и маркировка"

ГОСТ 9544-75" Арматура трубопроводная запорная. Нормы герметичности затворов"

ГОСТ 12532-88" Клапаны предохранительные прямого действия. Основные параметры"

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	13
1. ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	14
1.1 Промысловая подготовка газа	14
1.1.1 Низкотемпературная сепарация	14
1.1.2 Низкотемпературная конденсация	15
1.1.3 Абсорбция	17
1.2 Влияние технологических параметров и состав сырья	17
1.3 Математическое моделирование промысловой подготовки нефти и газа	19
1.4 Заключение	21
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	23
3. РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА	24
3.1 Постановка задачи исследования	24
3.2 Описание технологического процесса УКПГ	24
3.3 Описание моделирующей системы расчета промысловой подготовки газа и газового конденсата	26
3.3.1 Расчет процесса сепарации	27
3.3.2 Расчет констант фазового равновесия	27
3.3.3 Расчет процесса каплеобразования	28
3.3.4 Расчет процесса отделения водометанольного раствора	29
3.4 Исследование влияния технологических параметров на процессы подготовки газа и газового конденсата с применением моделирующей системы	30
3.5 Оптимизация УКПГ с использованием ресурсосберегающей технологии регенерации метанола	35
3.6 Расчет установки регенерации метанола	39
4. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	45
4.1 Предпроектный анализ	45

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	45
4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	46
4.1.3 SWOT-анализ	48
4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации	52
4.2 Инициация проекта	54
4.2.1 Организационная структура проекта	55
4.2.2 План проекта	56
4.2.3 Бюджет научного исследования	57
4.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	62
5. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	65
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	65
5.2 Производственная безопасность	69
5.2.1 Анализ опасных вредных производственных факторов	70
5.2.2 Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на работника	73
5.3 Экологическая безопасность	75
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	77
Заключение	81
Список публикаций студента	84
Список используемых источников	83
Приложение А Результаты расчета УКПГ при варьировании температуры	88
Приложение Б Взрывопожароопасные, токсические свойства сырья, готовой продукции и отходов производства	92

Приложение В Взрывопожарная и пожарная опасность, санитарная характеристика производственных зданий, помещений и наружных установок 94

Приложение Г Иностранный язык

96

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время, в процессе разработки газоконденсатных залежей газодобывающие компании сталкиваются с постоянно меняющимися условиями, это приводит к поиску решения по оптимизации технологических режимов работы эксплуатируемых установок комплексной подготовки газа (УКПГ), имеющих высокую точность описания параметров технологических процессов и позволяющих выполнять исследования этих процессов. Что представляет собой огромное значение, как для проектирования, так и для функционирования действующих производств [1,2].

В настоящее время доступно большое число моделирующих систем, в том числе и для химико-технологических процессов, которые являются более универсальными и применяются при проведении проектных расчетов.

В результате этого, математическое моделирование процесса, адаптированного к технологическим условиям конкретного промышленного объекта, целесообразнее применять на действующих промышленных установках, для повышения эффективности работы и поиска оптимальных режимов.

Разработанная в Томском Политехническом университете моделирующая система (МС) комплексной подготовки газа и газового конденсата с модулем подбора оптимального режима, позволяет рассчитать: процессы сепарации, каплеобразования и отстаивания, применяется для прогнозирования работы УКПГ и выбора оптимальных режимов [3,4].

ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Промысловая подготовка газа

В современном мире промышленная подготовка газа и газового конденсата к дальнейшему транспортированию и использованию в бытовых целях проводится по двум схемам: децентрализованной и централизованной. При децентрализованной полная подготовка газа осуществляется на газовых сборных пунктах, при централизованной - на сборных пунктах производится только сбор и сепарация газа, а весь комплекс подготовки происходит на головных сооружениях магистрального газопровода. Главные способы обработки природного газа и конденсата на газовых промыслах: низкотемпературная сепарация газа (НТС), низкотемпературная конденсация (НТК), абсорбция, адсорбция, а также их сочетания [1].

1.1.1 Низкотемпературная сепарация

При однократной конденсации из газов происходит извлечение жидких углеводородов, происходит это под действием низких температур (от 0 до -30°C). Первая промышленная установка была введена в эксплуатацию в США в 1950 году, СНГ в 1959. [5]

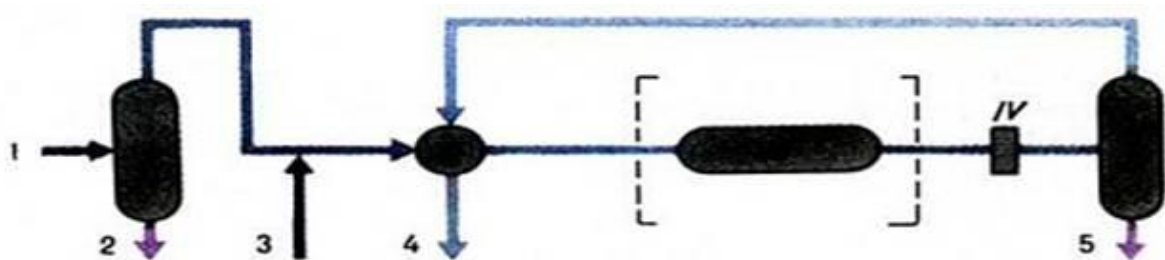


Рисунок - 1 Технологическая схема установки низкотемпературной сепарации газа: 1 — природный газ; 2 — смесь углеводородного конденсата и воды; 3 — ингибитор гидратообразования; 4 — обработанный газ; 5 — смесь углеводородного конденсата и насыщенного водой ингибитора гидратообразования

Низкотемпературная сепарация осуществляется по технологической схеме (рис. 1) [2].

Газ поступающий из скважины, проходит через первую ступень сепарации, где происходит отделение жидкости. После этого газ поступает на теплообменник, где происходит охлаждение.

Далее газ, проходя через эжектор, редуцируется до давления максимальной конденсации, температура снижается за счет дроссель-эффекта. В сепараторе из-за изменения термодинамических условий и скорости пока выделяется конденсат и влага, они накапливаются в конденсатосборнике. В процессе разработки месторождения давление газа снижается, что приводит к нарушению поддержания заданной температуры сепарации за счет энергии пласта, для этого схему модернизируют и включают в нее холодильный агрегат. Технологический режим данной установки формируется за счет термодинамической характеристики месторождения, составом газа и ГОСТом.

В данной технологической схеме предусмотрен ввод в газовый поток ингибитора гидратообразования. На последней ступени сепарации давление определяется давлением в трубопроводе, температура – из условий глубины выделения тяжелых углеводородов и влаги. НСТ применяется во всех климатических зонах [2].

Достоинство установки НТС:

- При наличии свободного перепада давления низкие эксплуатационные и капитальные затраты.

Недостаток:

- Необходимость реконструкции при исчерпании дроссель-эффекта;
- Непрерывное снижение эффективности из-за облегчения пластовой смеси;

Метод НТС один из самых эффективных методов контроля точки росы по углеводородам и их сепарации.

1.1.2 Низкотемпературная конденсация

Это процесс охлаждения при постоянном давлении до температур появления жидкой фазы с последующим разделением газовой и жидкой фаз.

Также можно применять с эффектом дросселирования искусственное охлаждение каскадного холодильного пропан-этанового цикла или пропановым холодом. Благодаря чему возможно извлечение из газа до 99% пропана, 90% этана, и 100% всех остальных углеводородов [2].

В предлагаемых установках для создания искусственного холода чаще всего применяются турбодетандеры, в которых энергия расширяющегося газа рекуперируется для создания холода или компрессорные холодильные машины, хладагенты, в которых обычно – фреон, этан, пропан.

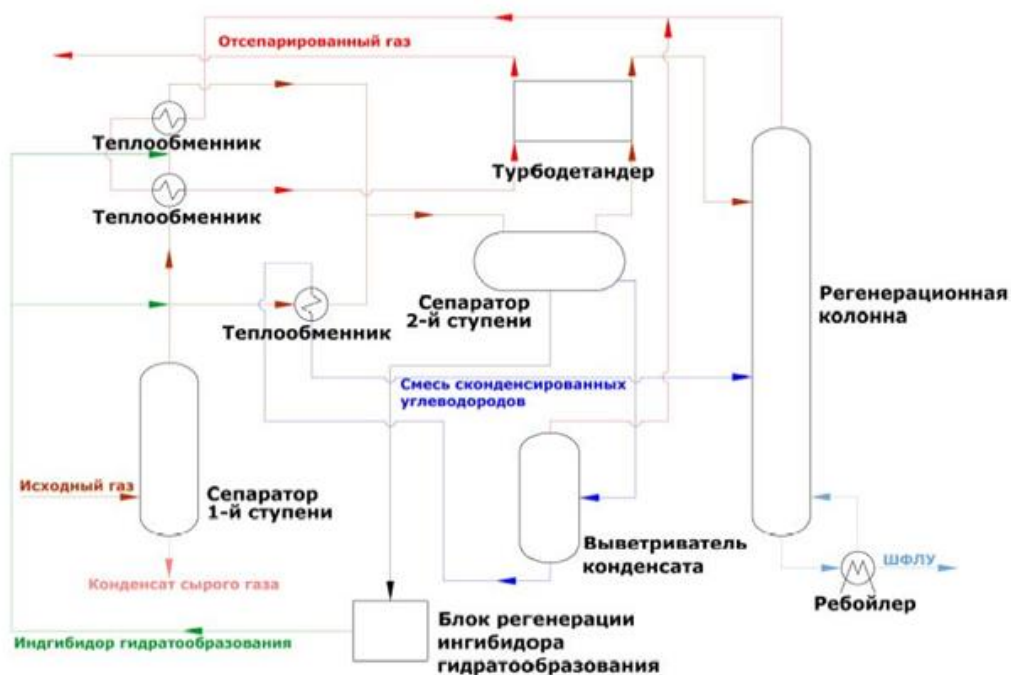


Рисунок -2 Типовая схема установки низкотемпературной конденсации

Чаще всего аппаратурное оформление установки отбензинивания газа на базе процесса низкотемпературной конденсации представляет собой следующий технологический комплекс: Предварительно осушенный газ, охлаждается в рекуперативных теплообменниках, после чего поступает в сепаратор, где происходит отделение от него сконденсированных углеводородов, после которого идет на турбодетандер, с которого подается на разделительную колонну. В нее же с теплообменников поступает смесь сконденсированных углеводородов из сепаратора. Внизу колонны отбирают смесь сконденсированных углеводородов, а деэтанализованный газ сверху колонны отводится в теплообменники после которых поступает в

турбодетандер, в котором сжимается за счет энергии расширяющего газа из сепаратора и направляется далее заказчику. Смесь полученных углеводородов направляется на газофракционирующую установку, где из нее отбирается этановая фракция 90% и фракции остальных более тяжелых углеводородов[1].

1.1.3 Абсорбция

Абсорбция основана на способности абсорбентов поглощать из природного газа преимущественно тяжелые углеводороды. Чаще всего абсорбция осуществляется при отрицательных температурах[6] Абсорбционные технологии ориентированы на повышение степени извлечения углеводородов C5+. Также низкотемпературная абсорбция применяется на УКПГ-1В Ямбургского и на отдельных линиях КУПГ-8В Уренгойского НГКМ.

1.2 Влияние технологических параметров и состав сырья

При промышленной подготовки газа наиболее часто используют технологию низкотемпературной сепарации, основанной на процессе извлечения газового конденсата из природного газа. Абсорбционные технологии ориентированы на повышение степени извлечения углеводородов C5+ Этот метод применяется на первой стадии разработки месторождений природного газа, когда пластовые давления очень высоки и заключается в использование свойств газа изменять свою температуру при резком снижении давления [4].

На более эффективную работу установки низкотемпературной сепарации большое влияние оказывают: термобарические условия, состав сырьевого газа, эффективность оборудования и число ступеней сепарации. Основными критериями показателя качества являются: температура точки росы по воде и углеводородам.

Влияние давления. Давлением магистрального трубопровода определяется давление сепарации и оно мало влияет на степень извлечения компонентов С. Свободный перепад давления позволяет получить низкие температуры сепарации, что является более важным значение [7].

По мере эксплуатации месторождения пластовое давление снижается и эффективность установки НТС поддерживается на прежнем уровне за счет ввода дожимного компрессора и внешнего холодильного цикла [7].

Эффективность оборудования. Используемый источник холода влияет на работу установки НТС. При снижении пластового давления осуществляют замену дросселирования на расширение в детандерах, в ходе длительной эксплуатации скважин, это позволяет достигать более низких температур сепарации.

Число ступеней сепарации. На газоконденсатных месторождениях при подготовке к транспортировке используют двух- и трехступенчатые схемы НТС. Большой выход жидкой фазы и меньшее содержание углеводородов в товарном газе достигается за счет меньшего числа ступеней сепарации при одинаковых параметрах последней ступени охлаждения. Но более высокие потери компонентов газа с углеводородным конденсатом идут при одноступенчатой сепарации. Четкость разделения газовой и жидкой фаз повышается за счет увеличения ступеней сепарации [7].

1.3 Математическое моделирование промышленной подготовки нефти и газа

Математическое моделирование- это методы описания процессов с качественной и количественной стороны с помощью математических моделей. Математическая модель- это описание объекта на языке математики с помощью различного рода математических формул, таблиц, графиков, уравнений.

На сегодняшний день разработано большое число компьютерных моделирующих систем, способных определять оптимальные

технологические показатели работы низкотемпературной сепарации. Для работы я выбрала программу разработанную на кафедре химическая технология топлива и химической кибернетики.

Также на сегодняшний день разработаны и широко используются различные моделирующие системы, такие как, HYSYS [9], PRO-2, HYSIM, PROSYM, GIBBS, «Газ- КондНефть» [9] и многие другие, которые являются универсальными и на сегодняшний день легкодоступными, используются при исполнении проектных расчетов. Но, традиционные методы математического моделирования соответствуют не всем современным требованиям. Моделирующие системы имеют возможность комплексно подойти к проблеме, обеспечены удобным интерфейсом и используют современные операционные среды, в рамках которых функционируют все блоки МС помимо этого, большинство систем включают экспертные оценки специалистов, накопленные базы данных. Появилась необходимость создания компьютерных МС потому что данные моделирующие системы не дают каких-либо качественных характеристик проведения процесса, а экспертные системы, наоборот, не позволяют количественно оценить эффективность проведения процесса, что снижает точность проведения расчётов и прогнозов. В основу таких систем положены математические модели, отражающие физико- химическую сущность процесса, сочетающиеся с искусственным интеллектом. Промысловая подготовка нефти и газа включает в себя процессы сепарации, каплеобразования и отстаивания, в которых не происходит химического превращения веществ. Физико-химические основы этих процессов в настоящее время довольно детально изучены, что является базой для их моделирования. На эффективность проведения процессов разделения нефти, газа и воды на промысле оказывают влияние различные технологические параметры. Правильный подбор условий разгазирования и обезвоживания определяет качество продуктов, поступающих для дальнейшей переработки на нефте- и газоперерабатывающие заводы.

Определение оптимальных технологических параметров существенно облегчается с применением компьютерных моделирующих систем. В процессе разработки месторождений наблюдается динамика балансов по основным продуктам промысловой подготовки нефтегазового сырья, которую необходимо постоянно прогнозировать, и на основании этого корректировать технологические режимы установок. Эти и многие другие проблемы позволяет решать использование компьютерных моделирующих систем. Специальные экспериментальные исследования проводят для изучения фазовых превращений газоконденсатных систем при высоких давлениях. Но данные системы не могут обеспечить оперативного получения в полном объеме информации о составах и физических свойствах равновесных паровой и жидкой фаз пластовых смесей при различных термобарических условиях. В настоящее время активно применяются расчетные методы исследования фазовых превращений. В некоторых случаях они позволяют решать задачи, ответы на которые невозможно получить только при использовании экспериментальных методов. Но замена экспериментов расчета на компьютере возможна только при наличии адекватных математических моделей. Разработка комплекса математических моделей всех процессов первичной подготовки нефти, таких как: сепарация, обезвоживание, обессоливание позволяет создать информационно-моделирующую систему, предназначенную для разработки систем автоматизированного проектирования (САПР), оперативной диагностики и оптимизации действующих производств[9].

1.4 Заключение

В настоящем литературном обзоре рассмотрены основные проблемы возникающие при промысловой подготовки газа и газового конденсата. Рассмотрена технология подготовки газа. Описание применяемых технологических процессов и моделирующих систем дает общее понимание процессов сепарации.

В целом, теоретические основы и практические решения подготовки природного газа проанализированные в литературном обзоре позволяют подойти к рассмотрению основного вопроса данной работы анализу влияния технологических параметров на процессы промышленной подготовки газового конденсата.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе объектом исследования являлась технология комплексной подготовки газового конденсата в динамике разработки месторождения Западной Сибири.

Сырьем является пластовый газ, состав которого изменяется на разных этапах разработки месторождения.

Характеристики исходного сырья: температура пластового газа на входе в УКПГ изменялась в интервале от 20 до 28,3 °С, давление от 6,7 до 13,9 МПа. При исследовании процесса подготовки газового конденсата применяли метод математического моделирования.

При математическом моделировании можно использовать различные моделирующие системы: AspenHysys, UniSim, PRO-2, которые универсальны и широко применяются на практике при проектировании.

В данной работе для проведения научных исследований и оптимизации технологических режимов работы УКПГ применяли две моделирующие системы, одна разработана в Томском Политехническом университете, вторая UniSim.

Исходные экспериментальные данные были получены в режиме нормальной эксплуатации промышленной установки. В результате моделирования процесса комплексной подготовки газового конденсата подбирали оптимальные технологические режимы при варьировании технологических параметров.

Товарный газ определяется объемом транспортируемого газа с учетом

Товарным газом считается газ, отпущенный потребителям и

4.1 Предпроектный анализ

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в

В данной работе продуктом и целевым рынком являются:

продукт: товарный газ;

целевой рынок: жилищно-коммунальное хозяйство.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений позиции

ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями[21].

В таблице 12 приведена оценочная карта, включающая конкурентов по производству товарного газа.

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений(разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентно способность		
		Б	Б	Б	К	К _к	К _к
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Выход продукта	0,3	4	3	5	1,2	0,9	1,5
2. Качество продукта	0,3	5	4	4	1,5	1,2	1,2
3. Энергоемкость процессов	0,1	4	4	4	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
4. Цена	0,1	5	4	5	0,5	0,4	0,5
5. Конкурентно способность продукта	0,1	5	4	4	0,5	0,4	0,4
6. Финансирование научной разработки	0,1	3	4	5	0,3	0,4	0,5
Итого	1				4,4	3,7	4,5

Бф – продукт проведенной исследовательской работы; Бк1– ОАО «Газпромнефть»;

Бк2– ООО «Газпром».

Технология QuaD

Технология QuaD (QUalityADvisor) 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 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
Выход продукта	0,3	95	100	0,95	0,285
Качество продукта	0,3	100	100	1,00	0,30
Энергоемкость процессов	0,1	94	100	0,94	0,094
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
Конкурентоспособность продукта	0,1	95	100	0,95	0,095
Финансирование научной разработки	0,1	94	100	0,94	0,094
Цена	0,1	88	100	0,88	0,088
Итого	1				0,956

Оценка качества и перспективности по технологии QuaD определяется по формуле:

$$P_{cp} = \sum B_i \cdot B_i, \quad (9)$$

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 показателя P_{cp} является 95,6 %, что позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. Следовательно, это говорит о том, что перспективность разработки хорошая и в дальнейшем к направлению усовершенствования можно отнести уменьшение длительности производственного цикла, это будет способствовать увеличению выхода полиметилметакрилата.

4.1.3 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта. Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблица 14.

Таблица 14 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта:	Слабые стороны научно-исследовательского проекта:
	С1. Простота применения	Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки
	С2. Адекватность разработки	Сл2. Отсутствие сертификации
	С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта.	Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца
	С4. Относительно невысокая денежная и	Сл.4 Отсутствие

	временная затратность проекта	бюджетного финансирования.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление потенциального спроса на новые разработки В3. Уменьшение значимости или достоинства конкурентных разработок	Простота применения и адекватность разработки может вызвать спрос на нее, а это в свою очередь увеличит количество спонсоров. Кроме того, унифицированность и адекватность разработки может уменьшить конкурентоспособность других разработок. Невысокая затратность проекта может привлечь больше сотрудников и исполнителей.	Инновационная инфраструктура ТПУ может оказать помощь в финансировании проекта. При снижении конкурентоспособности подобных разработок и при появлении спроса на новые может появиться возможность использования данной НИР в компаниях использующих традиционные методы переработки нефти.
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии У2. Значимая конкуренция У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	В силу того, что в данной разработке используется более новая информация наряду со старой, то это может повысить спрос и конкуренцию разработки. В силу малой затратности проекта представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в другие услуги, такие как сертификация.	Отсутствие прототипа научной разработки говорит об отсутствии спроса на новые технологии и отсутствии конкуренции проекта. Несвоевременное финансирование научного исследования приведет к невозможности получения сертификации.

После того как сформулированы четыре области SWOT переходят к реализации второго этапа, который состоит в выявлении соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны

помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.

В рамках данного этапа необходимо построить интерактивную матрицу проекта. Ее использование помогает разобраться с различными комбинациями взаимосвязей областей матрицы SWOT. Каждый фактор помечается либо знаком «+» – сильное соответствие сильных сторон возможностям, либо знаком «-» – слабое соответствие; «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-». Пример интерактивной матрицы проекта представлен в таблице 15.

Таблица 15 - Интерактивная матрица проекта

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4
	B1	-	-	-	+
	B2	-	-	-	+
	B3	+	+	+	-
	B4	+	+	+	-
Сильные стороны проекта					
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4
	У1	0	+	0	-
	У2	+	+	+	+
	У3	-	-	-	0
	У4	-	-	-	-
Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	B1	-	-	-	+
	B2	-	-	0	+
	B3	+	+	+	0
	B4	+	+	-	-
Слабые стороны проекта					
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	0

	У2	0	+	0	-
	У3	-	0	-	-
	У4	-	+	-	+

В случае, когда две возможности сильно коррелируют с одними и теми же сильными сторонами, с большой вероятностью можно говорить об их единой природе. В этом случае, возможности описываются следующим образом: В2В3С2С3.

Таким образом, в рамках третьего этапа может быть составлена итоговая матрица SWOT-анализа(табл. 16).

Таблица 16 - SWOT-анализ

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Простота применения С2. Адекватность разработки С3. Более свежая информация, которая была использована для разработки проекта. С4. Относительно невысокая денежная и временная затратность проекта	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2. Отсутствие сертификации Сл3. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл.4 Отсутствие бюджетного финансирования.
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Появление потенциального спроса на новые разработки	Простота применения, адекватность разработки, использование более свежей информации в проекте увеличит спрос и конкурентоспособность НИР (В3,В4,С1,С2,С3).	Помощь в финансировании проекта и его сертификации могут оказать инновационные инфраструктуры(В1,В2,Сл2,Сл4). Необходимо снизить конкурентоспособность подобных разработок и

В3. Уменьшение значимости или достоинства конкурентных разработок	При подключении в работу инновационных структур уменьшается время разработки и появляются дополнительные денежные средства(В1,В2,С4).	расширить использование данной НИР во многих компаниях (В3,В4,Сл1,Сл3).
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии У2. Значимая конкуренция технологий производства У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства	Использование более новой информации, простота и адекватность математической модели позволяют повысить спрос и конкуренцию разработки, что уменьшает влияние финансирования (С1,С2,С3,У1,У2,У4). В силу малой затратности проекта представляется возможность вложения дополнительных денежных средств в другие услуги, такие как сертификация (С4,У3).	Отсутствие прототипа, сертификации научной разработки, невозможность использования в компаниях с традиционными методами обработки нефти приведет к отсутствию спроса и отсутствию конкуренции проекта (У1,У2,Сл1,Сл2,Сл3), а отсутствие финансирования приведет к невозможности получения сертификации (У3,Сл4).

4.1.4 Оценка готовности проекта к коммерциализации

На какой бы стадии жизненного цикла не находилась научная разработка полезно оценить степень ее готовности к коммерциализации и выяснить уровень собственных знаний для ее проведения (или завершения). Степень готовности научной разработки к коммерциализации и уровень собственных знаний для ее проведения заполняется в специальной форме (таблица 17).

Таблица 17– Бланк оценки степени готовности научного проекта к коммерциализации

№ п/п	Наименование	Степень проработанности	Уровень имеющихся
-------	--------------	-------------------------	-------------------

1.	Определен имеющийся научно-технический задел	4	4
2.	Определены перспективные направления коммерциализации научно-технического задела	3	3
3.	Определены отрасли и технологии (товары, услуги) для предложения на рынке	3	3
4.	Определена товарная форма научно-технического задела для представления на рынок	3	3
5.	Определены авторы и осуществлена охрана их прав	2	2
6.	Проведена оценка стоимости интеллектуальной собственности	2	2
7.	Проведены маркетинговые исследования рынков сбыта	2	3
8.	Разработан бизнес-план коммерциализации научной разработки	2	2
9.	Определены пути продвижения научной разработки на рынок	3	2
10.	Разработана стратегия (форма) реализации научной разработки	3	3
11.	Проработаны вопросы международного сотрудничества и выхода на зарубежный	2	3
12.	Проработаны вопросы использования услуг инфраструктуры поддержки,	2	1
13.	Проработаны вопросы финансирования коммерциализации научной разработки	2	2
14.	Имеется команда для коммерциализации научной разработки	2	2
15.	Проработан механизм реализации научного проекта	2	2
	ИТОГО БАЛЛОВ	37	37

По результатам оценки можно сказать, что данная разработка считается средней перспективности.

4.2 Инициация проекта

Группа процессов инициации состоит из процессов, которые выполняются для определения нового проекта или новой фазы существующего. В рамках процессов инициации определяются изначальные цели и содержание и фиксируются изначальные финансовые ресурсы [22].

Заинтересованные стороны проекта, которые будут взаимодействовать и влиять на общий результат научного проекта.

Таблица 18 – Заинтересованные стороны проекта

Заинтересованные стороны проекта	Ожидания заинтересованных сторон
Жилищно-коммунальное хозяйство	Товарный газ

В таблице 19 представлена информация о иерархии целей проекта и критериях достижения целей. Цели проекта включают цели в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

Таблица 19 – Цели и результат проекта

Цели проекта:	Получение товарного газа
Ожидаемые результаты проекта:	Получение результатов по работе с математической моделью
Критерии приемки результата проекта:	Адекватность результатов
Требования к результату проекта:	Требование:
	Стандартизация готового продукта

4.2.1 Организационная структура проекта

На данном этапе работы необходимо решить следующие вопросы: кто будет входить в рабочую группу данного проекта, определить роль каждого участника в данном проекте, а также прописать функции, выполняемые каждым из участников и их трудозатраты в проекте (табл. 20).

Таблица 20 – Рабочая группа проекта

№ п/п	ФИО, основное место работы, должность	Роль в проекте	Функции	Трудозатраты, час.
1	Бешагина Евгения Владимировна, НИ ТПУ, подразделение ОХИ, Доцент	Руководитель	Координация деятельности проекта	250
2	Екатерина Мартынова, НИ ТПУ, подразделение ОХИ, студент	Исполнитель	Выполнение работы	620
ИТОГ				8

Ограничения и допущения проекта

Ограничения проекта – это все факторы, которые могут послужить ограничением степени свободы участников команды проекта, а также «границы проекта» - параметры проекта или его продукта, которые не будут реализованных в рамках данного проекта (таблица 21).

Таблица 21 – Ограничения проекта

Факт	Ограничения/допущения
3.1. Бюджет проекта	17626718,81руб.
3.1.1. Источник финансирования	ОАО «Востокгазпром»
3.2. Сроки проекта:	11.02.19-25.05.19
3.2.1. Дата утверждения плана управления проектом	11.02.19
3.2.2. Дата завершения проекта	25.05.19

4.2.2 План проекта

В рамках планирования научного проекта необходимо построить календарный и сетевой графики проекта[21]

Линейный график представлен в виде таблицы (таблица 22).

Таблица 22 – Календарный план проекта

Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников
Изучение литературы, составление литературного обзора	30	11.01.19	10.02.19	Екатерина Мартынова
Расчет на математической модели	28	11.02.19	08.03.19	Екатерина Мартынова
Обсуждение полученных результатов	28	09.03.19	05.04.19	Екатерина Мартынова Бешагина Е. В.
Оформление выводов	20	06.04.19	25.04.19	Екатерина Мартынова Бешагина Е. В.
Оформление пояснительной записки	18	26.04.19	13.05.19	Екатерина Мартынова Бешагина Е. В.
Итого:	124	11.01.19	13.05.19	

Таблица 23 – Календарный план-график проведения магистерской работы

Вид работ	Исполнители	Т к ,	Продолжительность выполнения работ														
			январь			февраль			март			апрель			май		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Изучение литературы, составление литературного обзора	Студент	30															
Расчет математической модели	Студент	28															
Обсуждение полученных результатов	Студент, руководитель	28															
Оформление выводов	Студент, руководитель	10															
Оформление пояснительной записки	Студент, руководитель	40															

4.2.3 Бюджет научного исследования

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых расходов, необходимых для его выполнения [21].

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

Сырье, материалы, покупные изделия и полуфабрикаты (за вычетом отходов)

Расчёт стоимости материальных затрат производится по действующим прейскурантам или договорным ценам. В стоимость материальных затрат включают транспортно-заготовительные расходы (3 – 5 % от цены). В эту же статью включаются затраты на оформление документации (канцелярские принадлежности, тиражирование материалов.

Затраты на сырье, необходим катализатор для предотвращения гидратообразований, таким катализатором является метанол. Одна тонна метанола стоит 20000 рублей. Газ является побочным продуктом добычи нефти, затраты на исходное сырье равны нулю.

Таблица 24 – Материальные затраты

Наименование	Ед. изм.	Количество			Цена за ед., т.руб			Затраты на материалы, (Зм), т.руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Ис п. 3	Исп. 1	Ис п.2	Ис п. 3	Ис п.1	Ис п.2	Исп . 3
Катализатор	т	2,5	3	4	20	20	20	50	60	80
Итого:								50	60	80

Специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

В данную статью включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры,стендов,устройствимеханизмов),необходимогодляпроведения работ по конкретной теме. Определение стоимости спецоборудования производится по действующим прейскурантам, а в ряде случаев по договорной цене.

Для оборудования нужно рассчитать величину годовой амортизации по следующей формуле:

$$A_{\text{год}} = \frac{C_{\text{перв}}}{T_{\text{пи}}}, b \quad (10)$$

где $C_{\text{перв}}$ – первоначальная стоимость, руб;

$T_{\text{пи}}$ – время полезного использования, год.

Таблица 25 – Расчёт затрат по статье «Спецоборудование для научных работ»

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс.руб.	Сумма амортизационных отчислений, т.руб.
1.	Вертикальный сепаратор	2	1500	150
2.	Разделитель жидкости	2	2000	200
3.	Двухсекционный теплообменник «газ- газ»	2	4000	400
4.	Эжектор	2	250	25
5.	Низкотемпературный сепаратор	1	2000	100
Итого		9		875

Основная заработная плата

В настоящую статью включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы оплаты труда. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы (размер определяется Положением об оплате труда). Расчет основной заработной платы сводим в таблицу 26.

Таблица 26 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Зб, руб.	кр	Зм, руб	Здн, руб.	Тр, раб.дн.	Зосн, руб.
Руководитель	33664	1,3	43763,2	1968,5	54	106297,1
Инженер	26300	1,3	34190	1302,5	121	157602,5

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением проекта, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату.

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп} \quad (11)$$

Где $Z_{осн}$ – основная заработная плата;

$Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

Основная заработная плата ($Z_{осн}$) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} * T_{раб}, \quad (12)$$

Где - $Z_{осн}$ –основная заработная плата одного работника;

$T_{р}$ –продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_{м} * M}{F_{д}} \quad (13)$$

Где - $Z_{м}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб.дня $M = 11,2$ месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней $M = 10,4$ месяца, 6-дневная неделя;

$F_{д}$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно- технического персонала, раб. дн. (таблица27).

Таблица 27- Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- Выходные дни	44	48
- Праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни	2	2
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	273

Дополнительная заработная плата научно-производственного персонала

В данную статью включается сумма выплат, предусмотренных законодательством о труде, например, оплата очередных и дополнительных отпусков; оплата времени, связанного с выполнением государственных и общественных обязанностей; выплата вознаграждения за выслугу лет и т.п.(в среднем – 12 % от суммы основной заработной платы).

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 10-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнении темы:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * З_{\text{осн}} \quad (14)$$

где $З_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной зарплат;

$З_{\text{осн}}$ – основная заработная плата, руб.

В таблице 28 приведена форма расчёта основной и дополнительной заработной платы.

Таблица 28 – Заработная плата исполнителей НТИ

Заработная плата	Руководитель	Инженер
Основная зарплата	22000	2500
Дополнительная зарплата	1470	
Итого по статье Сзп	23470	2500

Отчисления на социальные нужды

Статья включает в себя отчисления во внебюджетные фонды.

$$C_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (15)$$

где $k_{\text{внеб}} = 27,1\%$ коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и прочие).

Таблица 29 – Отчисления на социальные нужды

	Руководител	Инженер
Зарплата	23470	2500
Отчисления на социальные нужды	6360,4	677,5

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

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты

из затрат проекта, так и затраты, и результаты во смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты [22].

Показатели экономической эффективности проекта учитывают финансовые последствия его осуществления для предприятия, реализующего данный проект. В этом случае показатели эффективности проекта в целом характеризуют с экономической точки зрения технические, технологические и организационные проектные решения.

Бюджетная эффективность характеризуется участием государства в проекте с точки зрения расходов и доходов бюджетов всех уровней.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (16)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

$$I_m = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 4,45. \quad (17)$$

$$I_1^A = 5 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,15 = 4,3. \quad (18)$$

$$I_2^A = 4 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,25 + 4 \cdot 0,15 = 3,85. \quad (19)$$

Таблица 30 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп. 1	Ис п. 2	Ис п. 3
1. Способствует росту производительности труда	0,25	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	4	3
3. Надежность	0,20	5	5	4
4. Воспроизводимость	0,25	4	4	4
5. Материалоемкость	0,15	4	3	4
ИТОГО	1	4,45	4,3	3,8

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп.i.}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}} \quad (20), \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.} \quad (21)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности текущего проекта и аналогов позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта:

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (22)$$

Таблица 31 – Сравнительная эффективность разработки

№	Показатели	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,999	0,998	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,3	4,46	3,85
3	Интегральный показатель эффективности	4,3	4,46	3,85
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,037	1,158	

Представленные расчеты показывают, что с позиции финансовой и ресурсной эффективности, более эффективным вариантом решения технической задачи, поставленной в магистерской работе, является исполнение 2, так как в совокупности интегральные показатели данного исполнения выше, чем у других

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Фролова Е. В. Исследование влияния технологических параметров на процесс низкотемпературной сепарации газового конденсата // Химия и химическая технология в XII веке: материалы XVII Международной научно практической конференции студентов и молодых ученых имени профессора Л. П. Кулева, посвященной 120-летию Томского политехнического университета, Томск, 17-20 мая 2016. – Томск: ТПУ, 2016 – с. 393-394