

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 18.03.01. Химическая технология
 Отделение школы Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Повышение эффективности работы установки ЭЛОУ-АТ

УДК 622.276.8(571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Фриц Эдуард Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Самборская Марина Анатольевна	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Елена Анатольевна	к.т.н., доцент		

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 (специальность) 18.03.01 Химическая технология (Химическая технология подготовки и переработки нефти и газа)
 Уровень образования Бакалавр
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии
 Период выполнения _____ весенний семестр 2021 /2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2022 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
4.05.2022 г	<i>Обзор литературы</i>	20
11.05.2022 г	<i>Объект и методы исследования</i>	10
2.06.2022 г	<i>Расчеты и аналитика</i>	40
2.06.2022 г	<i>Результаты проведенного исследования</i>	10
26.05.2022 г	<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	10
26.05.2022 г	<i>Социальная ответственность</i>	10

СОСТАВИЛ:

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Самборская Марина Анатольевна	к.т.н.		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Елена Анатольевна	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
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
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность применять естественнонаучные и общепрофессиональные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектронных приборов и комплексов
ОПК(У)-2	Способность осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально-правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способность соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала

	и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса

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 (специальность) 18.03.01. «Химическая технология» (Химическая технология подготовки и переработки нефти и газа)
 Отделение школы Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 _____ Кузьменко Е.А.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д7Г	Фриц Эдуарду Евгеньевичу

Тема работы:

Повышение эффективности работы установки ЭЛОУ-АТ	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.01.2022 г., №28-91/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2022 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><i>(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.).</i></p>	<p>Технологическая схема и оборудование ЭЛОУ АТ, система автоматизированного проектирования Unisim Design, методы технологического расчета колонн фракционирования нефти и теплообменного оборудования</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(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).</i></p>	<p>Технико-экономическое обоснование: Современные подходы к повышению эффективности схемы фракционирования нефти.</p> <p>Аналитический обзор: Современные схемы и контактные устройства колонн ректификации, САПР, технологическое проектирование ректификации с использованием САПР Unisim Design.</p> <p>Постановка задачи исследования.</p> <p>Экспериментальная часть: Разработка модели технологической схемы установки фракционирования с колонной предварительного отбензинивания и основной колонной в САПР Unisim Design. Выбор схемы утилизации тепла. Разработка модели с учетом схемы теплообмена, позволяющей наиболее полно утилизировать тепло продуктовых потоков. Сравнительный анализ эффективности существующей и разработанной технологических схем. Проектирование колонны отбензинивания. Рекомендации по модернизации.</p> <p>Заключение</p>
--	--

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
---	--

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i></p>
--

Раздел	Консультант
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кашук Ирина Вадимовна

<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>
--

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>14.04.2022 г.</p>
--	----------------------

<p>Задание выдал руководитель:</p>				
<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент ОХИ ИШПР</p>	<p>М.А. Самборская</p>	<p>К.Т.Н.</p>		

<p>Задание принял к исполнению студент:</p>			
<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>3-2Д7Г</p>	<p>Фриц Э.Е.</p>		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д7Г	Фриц Эдуарду Евгеньевичу

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

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

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

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)</i>	<i>Расчет конкурентоспособности. SWOT-анализ.</i>
<i>2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)</i>	<i>Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования</i>
<i>3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ.</i>
<i>4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)</i>	<i>Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

<ol style="list-style-type: none"> <i>1. Оценка конкурентоспособности ИП</i> <i>2. Матрица SWOT</i> <i>3. Диаграмма Ганта</i> <i>4. Бюджет НИ</i> <i>5. Основные показатели эффективности НИ</i> 	
---	--

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		28.02.22

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Фриц Эдуард Евгеньевич		28.02.22

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа		ФИО	
3-2Д7Г		Фриц Эдуарду Евгеньевичу	
Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

Тема ВКР:

Повышение эффективности работы установки ЭЛОУ-АТ	
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><i>Объект исследования:</i> установка ЭЛОУ-АТ <i>Область применения:</i> нефтяная промышленность <i>Рабочая зона:</i> производственное помещение <i>Размеры помещения:</i> 20*30м <i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> установка ЭЛОУ-АТ, операторная. <i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> контроль корректных параметров установки ЭЛОУ-АТ дистанционно из операторной, во время плановых обходов установки, переключение в ручном режиме, если потребуется</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>Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 30.12.2020) "О специальной оценке условий труда" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021)</p> <p>"Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств. ПБЭ НП-2001" (утв. Минэнерго РФ 11.12.2000)</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов 	<p>Вредные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Микроклимат рабочей зоны (пониженная или повышенная температура воздуха, влажность, скорость движения воздуха); 2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения; 3. Повышенный уровень шума; 4. Повышенный уровень общей вибрации <p>Опасные производственные факторы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Высокая температура; 2. Большое давление; 3. Применение химических веществ; 4. Поражение электрическим током при выходе из строя заземления токоведущих частей электрооборудования или пробоя электроизоляции

	<p>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: спецодежда (защитные костюмы, комбинезоны, перчатки, сапоги/ботинки, изготовленные из специальной прорезиненной ткани), противогазы (фильтрующие, изолирующие), противошумные шлемы, наушники, вкладыши, защитные дерматологические средства, тепловая изоляция установки, оградительные устройства, глушители шума</p>
<p>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</p>	<p>Воздействие на селитебную зону: в случае разгерметизации оборудования разлив нефти на территории;</p> <p>Воздействие на литосферу: складирование и захоронение отходов (кислый гудрон, раствор щелочей, отработанные катализаторы и т.д.);</p> <p>Воздействие на гидросферу: сбор загрязняющих веществ в поверхностные воды;</p> <p>Воздействие на атмосферу: выброс загрязняющих веществ при сжигании нефтяного газа в факелах</p>
<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</p>	<p>Возможные ЧС:</p> <p>Техногенные аварии: воспламенение жидкости или взрыв паров в связи с разгерметизацией оборудования, коррозия оборудования (образование свищей), отказ приборов контроля и сигнализации систем управления, старение оборудования (моральный или физический износ);</p> <p>Природные катастрофы: наводнение, цунами ураган, удары молний и т.д.;</p> <p>Геологические воздействия: обвалы, землетрясения, оползни и т.д.</p> <p>Наиболее типичная ЧС: воспламенение жидкости или взрыв паров в связи с разгерметизацией оборудования</p>
<p>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</p>	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Фриц Эдуард Евгеньевич		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 94 страницы, 29 рисунков, 29 таблиц, 37 использованных источников.

Ключевые слова: колонна отбензинивания нефти, схемы фракционирования, контактные устройства, система автоматизированного проектирования Unisim Design, рекуперация тепла.

Объект исследования - установка фракционирования нефти.

Цель работы – повышение эффективности установки фракционирования нефти.

В процессе исследования было выполнено моделирование схемы установки фракционирования нефти, с колонной предварительного отбензинивания с использованием САПР Unisim Design, а также предложен вариант рекуперации тепла отходящих продуктовых потоков.

В результате исследования был выполнен анализ варианта технологической схемы с рекуперацией тепла, реализация которого позволяет снизить тепловую нагрузку на печь подогрева нефти. Кроме того, с помощью САПР Unisim Design был выполнен проект колонны отбензинивания, с определением основных геометрических размеров и конструктивных параметров тарелок колонны, проведена проверка устойчивости работоспособности тарелок при различных нагрузках.

Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: высокая.

Список используемых сокращений

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод

ЭЛОУ – электрообессоливающая обезвоживающая установка

АТ– атмосферная трубчатка

УВГ – углеводородные газы

БФ – бензиновая фракция

ДФ – дизельная фракция

ПЦО – промежуточное циркулярное орошение

САПР – система автоматизированного проектирования

ХТС – химико-технологическая система

Оглавление

Введение.....	14
1 Современные подходы к повышению эффективности схемы фракционирования нефти.....	16
1.1 Современные схемы фракционирования.....	17
1.2 Применение высокоэффективных контактных устройств.....	25
1.3 Эффективные присадки и реагенты.....	29
2 Системы автоматизированного проектирования.....	33
2.1 Технологическое проектирование ректификации с использованием САПР Unisim Design.....	34
2.2 Интерфейс и возможности САПР Unisim Design.....	35
3 Экспериментальная часть.....	39
3.1 Постановка задачи исследования.....	39
3.2 Моделирование схем фракционирования.....	39
3.2.1 Исходные данные.....	39
3.2.2 Моделирование технологической схемы установки фракционирования с колонной предварительного отбензинивания.....	42
3.2.3 Анализ степени рекуперации тепла.....	48
3.2.4 Проектирование колонны отбензинивания.....	50
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.....	56
Введение.....	56
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	56
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	56
4.1.2 SWOT-анализ.....	58
4.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	61

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	61
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	62
4.3 Бюджет научно-технического исследования	65
4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования	65
4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования	66
4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы.....	67
4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	69
4.3.5 Накладные расходы.....	69
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	71
Выводы по разделу.....	74
5 Социальная ответственность	75
Введение.....	75
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	75
5.2 Производственная безопасность.....	78
5.3 Экологическая безопасность.....	85
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	87
Вывод по разделу социальная ответственность.....	88
Заключение	90
Список использованных источников	91

Введение

Добыча нефти и ее переработка в конце 20 и начале 21 века дошла до огромных значений. На сегодняшний день показатели объемов добычи также продолжают неуклонно увеличиваться, а значения годовой добычи имеют значение около 3млрд.тонн нефти. В настоящее время мировые залежи нефти составляют около 110 млрд. тонн, однако ситуация осложняется тем, что месторождения расположены крайне хаотично и на большом расстоянии удалены от мест потребления нефтепродуктов. Ситуация с ежегодным уменьшением ресурсов нефти несет в себе межгосударственные и экономические разногласия между отраслью добычи нефти и конечными потребителями нефтепродуктов. Сложившаяся тенденция диктует нефтедобытчикам требования к более полному и целесообразному добыванию нефти, а отрасли производства нефтепродуктов – рациональную и максимально углубленную переработку. Также должны соблюдаться высочайшие требования по качеству нефтепродуктов, при условиях соблюдения экологических норм, требований к максимальному снижению потребления энергии и затрат на выпуск продукции.

Нефть состоит из парафиновых, нафтеновых, ароматических углеводородов, разных по молекулярному весу и температурам выкипания фракций, имеющую в своем составе кислород, азот, серу и примеси разных металлов. В целом нефтепереработка представляет собой физический и химический процесс, и реализовывается на нефтеперерабатывающих заводах, после чего извлекают внушительный диапазон продукции: бензин, авиационный керосин, дизельное и котельное топливо, гудрон, битум, смазочные масла. Одним из важнейших этапов переработки нефти является процесс фракционирования, то есть разделение нефти на составные фракции, различающиеся друг от друга по температурным интервалам кипения. Для реализации процесса фракционирования на НПЗ используются установки первичной переработки нефти ЭЛОУ - АТ. Данные установки составляют базис

НПЗ и результатом их работы будет являться обширный спектр нефтепродуктов, который в дальнейшем будет представлять ценное сырье для последующих процессов нефтехимии. [14].

На сегодняшний день очень актуально стоят цели разработки технологий энерго-ресурсо сбережения, а также способов как можно большего повышения глубины переработки и роста показателей выхода фракций, вследствие того, что ректификационная установка является одной из самых металлоемких, энергоемких и дорогостоящих конструкций. Оптимизация режимов работы установок фракционирования даст возможность снизить капитальные и эксплуатационные затраты, а также позволит повысить продуктивность НПЗ в целом.

Технологичность процессов фракционирования, а также глубина переработки нефти на российских НПЗ по сравнению с зарубежными предприятиями является невысокой. Подход в перенимании частных, единичных решений в сфере технологических разработок и в отрасли аппаратного оформления не всегда позволяет снизить затраты на производство и повысить качество нефтепродуктов [12].

Поиск повышения путей эффективности ЭЛОУ-АТ возможно реализовать за счет подбора оптимальных норм и параметров технологического режима или подбора более совершенных контактных устройств, а также выбора наиболее оптимальной и энергоэффективной схемы утилизации тепла продуктовых потоков. Для решения задач такого рода широко применяются компьютерные системы, моделирующие работу аппаратов и технологических схем, например, UniSim Design.

Цель данной работы – провести сравнительное исследование путей повышения эффективности установок фракционирования нефти.

1 Современные подходы к повышению эффективности схемы фракционирования нефти

Одним из наиважнейших процессов тепло массообмена в нефтеперерабатывающей промышленности является ректификация. Установки первичной перегонки нефти являются крайне энергоемкими, на них доводится до 83-85% совокупного потребления энергоресурсов. Фракционирования нефти в связи с высокой энергоемкостью является одним из существенных причин образования отходов производства, снижение выбросов которых, возможно за счет повышения эффективности термодинамики процесса. При текущей стоимости энергоресурсов, лишь благодаря повышению их экономии появляется возможность оправдать вложения, которые будут реализовываться для внедрения инновационных технологий в процесс ректификации. Объемную эффективность в экономии материально-технических ресурсов несет в себе понижение отходов производства [3].

На сегодняшний день исходя из качества сырьевой нефти, содержания в ней фракций различного состава, соединений серы, азота, а также исходя из спроса на рынке нефтепродуктов определенного состава и качества, имеется внушительное разнообразие вариантов и схем дистилляции нефти. Иностранное направления в области проектировки оборудования и схем нацелено на снижение количества колонн, как правило за рубежом блок ректификации состоит из одной колонны, одновременно с этим в России практически 90% установок ЭЛОУ-АТ имеют реализацию схемы из двух колонн. Актуальные пути поднятия эффективности процесса ректификации нефти нацелены на разработку ректификационных колонн с максимальной разделительной мощностью, вследствие увеличения количества контактных устройств, имеющих низкое гидравлическое сопротивление. Также современные тенденции направлены на снижение температуры и рабочего давления в колонных аппаратах, использование наиболее эффективных технологических схем ректификации, наиболее полную интеграцию тепла отходящих

продуктовых потоков, на уменьшение расхода перегретого пара в основные колонны и отпарные секции, применение современных присадок и реагентов направленных на интенсификацию процесса ректификации.

Адаптация прорывных, с точки зрения производства способов подготовки и переработки нефти, исходя из их свойств и состава – актуальная технико-экономическая задача, решение которой даст возможность повысить качество нефтепродуктов и расширить их ассортимент. Передовые направления обновления осуществления способов ректификации нефти положат начало новым выгодным производственным и экономическим возможностям для уже функционирующих НПЗ.

В настоящее время наиболее актуальными подходами к повышению эффективности процесса фракционирования нефти являются следующие:

- Использование современных технологических схем фракционирования нефти, а также схем с наиболее полной интеграцией тепла, отходящих продуктовых потоков, с целью более интенсивного нагрева сырьевого потока;
- Использование высокоэффективных контактных устройств;
- Использование присадок и реагентов, способствующих интенсификации процессов фракционирования нефти [4].

1.1 Современные схемы фракционирования

Модернизация и внедрение новшеств в процесс ректификации нефти главным образом направлен на увеличение ресурсо-эффективности процесса. В большей степени полное и четкое разделение нефти на составляющие ее фракции приведет к снижению энергозатрат на проведение процесса, уменьшению отходов и выбросов за счет их очистки и утилизации. Основным плюсом внедрения оптимизационных технологий в процесс ректификации нефти является то, что они могут быть интегрированы как на стадии проектирования предприятия, так и на уже действующих НПЗ.

Роль принципиальных технологических схем в эффективности работы НПЗ в целом трудно недооценить. Именно от их структуры зависит выход и качество нефтепродуктов, капитальные и эксплуатационные затраты на производство. В первичной переработке преимущественно широко распространены схемы установки АТ с предварительным испарителем и двухкратным испарением.

Согласно принципиальной технологической схеме с предварительным испарителем, нагрев и частичное испарение сырой нефти осуществляется в теплообменных аппаратах за счет тепла продуктовых потоков, и далее поступает в испаритель (эвапоратор), представляющий вертикальный пустотелый колонный аппарат. Отделение паров легкого бензина и углеводородных газов от нефти произойдет в испарителе, далее эти пары проходя мимо трубчатой печи поступают как правило под кубовые тарелки вместе с перегретым паром, либо в верхнюю часть основной атмосферной колонны. Работа установки АТ с предварительным испарителем позволит только уменьшить нагрузку на змеевики трубчатой печи и снизить давление на сырьевом насосе [2].

Данная принципиальная технологическая схема имеет ряд существенных недостатков:

1. Не достаточный показатель выхода светлых фракций – в кубовом продукте их содержание доходит до 3,2 % масс, против 2,6% масс. согласно схеме с предварительной отбензинивающей колонной.

2. Технологическая схема характеризуется не слишком высокой технологической гибкостью. Для обеспечения оптимального режим работы сырье по содержанию компонентов должно удовлетворять следующим требованиям: УВГ-1-1,2%, БФ-10-12% , светлых дистиллятов не должно быть более 44%.

3. Вероятные изменения фракционного состава сырья могут приводить к неустойчивому температурному режиму основной атмосферной колонны и колебаниям ее давления.

4. Повышенное насыщение верхнего дистиллята основной атмосферной колонны углеводородными газами и парами приведет к сложности с конденсацией фракций шлема колонны.

5. Ректификация нефтей с повышенным содержанием серы будет приводить к высоким коррозионным показателям, вследствие влияния сероводорода, хлоридов и меркаптанов [9].

Наиболее оптимальной принципиальной технологической схемой для установок фракционирования нефти является схема с двухкратным испарением. Режим работы ЭЛОУ – АТ по данной технологической схеме будет более устойчивым и стабильным несмотря на возможные колебания фракционного состава сырья и даст наиболее полное и рациональное использование тепла отходящих продуктовых потоков. Согласно данной схеме сырую нефть нагревают продуктовыми потоками, а также отходящими продуктами блока вакуумной установки (при ее наличии). Максимальная интеграция тепла отходящих продуктовых потоков, вследствие внушительных удельных поверхностей теплообменников, позволяет снизить использование энергии тепла трубчатой печи от 30 до 40% [5].

Предпочтение схемы с двухкратным испарением можно еще объяснить тем, что появляется возможность переработки высокосернистой нефти с достаточно высоким содержанием углеводородных газов, бензиновых фракций, светлых дистиллятов. Данная принципиальная схема обеспечивает дополнительную защиту от коррозии основной атмосферной колонны, за счет того что все коррозионно – активные газы будут выходить через верх отбензинивающей колонны. Вследствие удаления из нефти фракции легкого бензина, в змеевиках трубчатой печи в теплообменном оборудовании не будет происходить образование высокого рабочего давления, что позволит устанавливать более дешевое оборудование без дополнительного повышения ресурса прочности. Осуществление переработки по этой схеме даст высокий выход светлых дистиллятов, что является очень актуальным, в связи с большим спросом на рынке светлых нефтепродуктов [1].

Принципиальная технологическая схема двухкратного испарения изображена на рисунке 1.1.

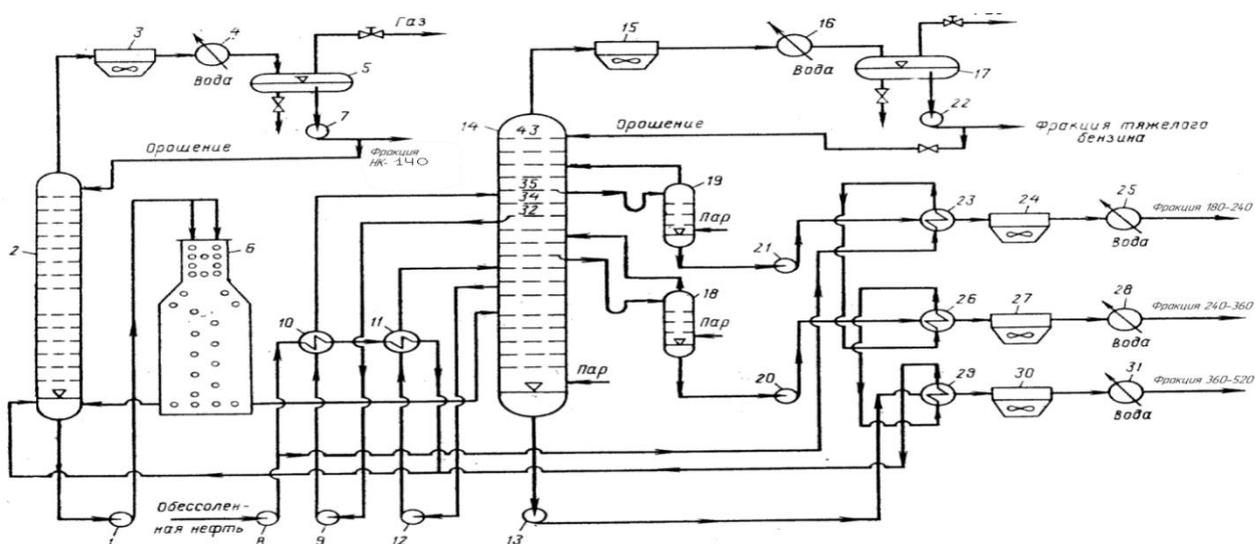


Рисунок 1.1- Технологическая схема установки атмосферной перегонки нефти двухкратного испарения:

1, 7, 8, 9, 12, 13, 20, 21, 22 – насосы; 2, 14 – ректификационные колонны; 3, 15, 24, 27, 30 – аппараты воздушного охлаждения; 4, 16, 25, 28, 31 – холодильники; 10, 11, 23, 26, 29 – теплообменники; 5, 17 – газосепараторы-водоотделители; 6 — трубчатая печь; 18, 19 – отпарные колонны

Согласно данной технологической схеме нагрев сырой нефти происходит в рекуперативных теплообменниках отходящими продуктовыми потоками и далее нагретая нефть поступает в отбензинивающую колонну. После чего в колонне произойдет отделение от нефти фракции легкого бензина НК-140, которая зачастую в большом количестве содержит соединения сероводорода, не удалив которые мы подвергнем большому коррозионному воздействию основную атмосферную колонну. Далее отбензиненная нефть после удаления из нее газов и паров легкого бензина поступает на нагрев в трубчатую печь и затем для разделения на остальные составляющие фракции, такие как: БФ, фракция 180-240°С, ДФ, фракция 320-360°С и остаток атмосферной перегонки мазут [8].

К данной принципиальной технологической схеме можно отнести следующие недостатки:

1. Для поддержания нормального технологического режима, согласно данной схеме требуется сильный температурный нагрев в печи частично отбензиненной нефти перед колонной атмосферной перегонки.

2. В следствие оптимального ведения технологического режима возникнет условие установления конкретных температур кубовой части колонны отбензинивания. Это приведет к необходимости подогрева куба колонны, и как следствие установки вспомогательного комплекса оборудования и линий трубопроводов, что сделает схему по капитальным затратам более дорогостоящей и металлоемкой.

3. Для осуществления конденсации паров дистиллята с верха колонны отбензинивания, аппаратами воздушного охлаждения и водяными холодильниками потребуется поддержание высокого давления в отбензинивающей колонне.

Организация выхода тепла в колонне атмосферной перегонки из верхней части осуществляется острым испаряющимся орошением, и далее в среднем по высоте колонны – промежуточными циркуляционными орошениями. Для повышения значения регенерации тепла атмосферной колонны нужно увеличивать расходы на нижние циркуляционные орошения, а для поднятия четкости разделения необходимо большей частью выводить остро испаряющееся орошение [6].

Исходя из анализа данных технологических схем можно сделать вывод, что слабым местом схемы с предварительным испарителем является использование сепаратора, который полностью не способен отделить легкие коррозионно- активные газы и пары из нефти, что в дальнейшем нагружает верх основной атмосферной колонны, и вследствие возможного изменения состава сырья, режимы температуры и давления могут стать неустойчивыми. Одним из возможных решением данной проблемы может быть замена сепаратора испарителя на отбензинивающую колонну по схеме с двухкратным

испарением. Осуществление перегонки нефти по данной схеме обеспечит более глубокий обор светлых фракций, однако для этого требуется повышение температуры нагрева в трубчатой печи перед основной атмосферной колонной [10].

Использование данной принципиальной технологической схемы в производстве, несмотря на более внушительные капитальные и эксплуатационные затраты все равно будет энерго и ресурсо-эффективнее использования схемы с предварительным испарителем. При работе по двухколонной схеме, в основной атмосферной колонне должно быть 1-2 ПЦО. Внедрение в технологическую схему дополнительного третьего циркуляционного орошения приведет к тому, что заметно снизит флегмовое число в секциях расположенных выше, явно усложнит схему и увеличит капитальные затраты, в то время как всего лишь незначительно увеличит коэффициент использования тепла. При методе проектирования, обеспечивающим минимальный диаметр колонны обязательным условием будет отвод 40% общего тепла с верхним острым орошением, и 30-35% тепла с ПЦО [11].

Максимальный отбор светлых фракций, их качество и четкость разделения будет обеспечиваться при условиях понижения рабочего давления в основной атмосферной колонне. Известно, что переход режима основной колонны на атмосферное давление или относительный вакуум, позволит улучшить технико-экономические показатели, вследствие снижения потребления либо полного отказа от перегретого пара, повысит качество и выход светлых фракций. Экономии тепла на 3-5% можно добиться за счет отказа от перегретого пара и использовании вместо него в стрипингах умеренного вакуума [7].

Актуальные тенденции развития нефтеперерабатывающей промышленности и современные требования к нефтепродуктам требуют все большего внедрения изменений в структуру схем первичной перегонки нефти. Одним из таких структурных изменений может стать технология перегонки

нефти, подразумевающая применение общего блока конденсации легких паров (рисунок 1.2), который подключен к верху каждой из колонн. Автор патента в работе [13] предлагает по мимо всего прочего организовать блок улавливания легкокипящих компонентов, который будет состоять из рефлюксорных емкостей, компрессора и сепаратора, которые будут подключены между собой последовательно. Настоящий способ перегонки нефти отличается от общеизвестных тем, что легкие газы и пары бензиновых фракций, которые выходят из блоков конденсации будут дросселировать для уравнивания их давлений перед подачей в блок улавливания компонентов легких фракций. Применение данной типовой схемы блока конденсации приведет к уменьшению значения энергозатрат на переработку нефти, а также приведет к увеличению выхода светлых фракций и повышению четкости их фракционирования.

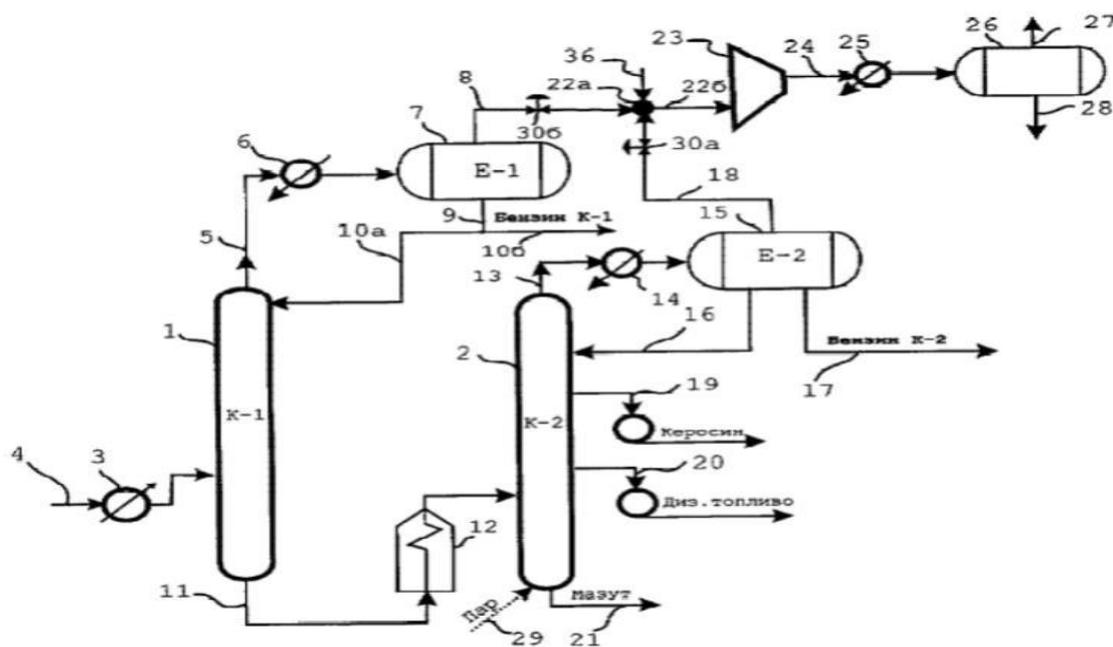


Рисунок 1.2 – Схема ректификации с блоком улавливания низкокипящих компонентов:

К-1- отбензинивающая колонна; К-2 – основная атмосферная колонна; Е-1,2- рефлюксорные емкости; 3,6,14,16,19,20,25 – теплообменные аппараты;12- трубчатая печь;23-компрессор; 26 - емкость сепаратор.

На рисунке 1.3 представлена принципиальная технологическая схема способа первичной перегонки нефти с выводом дополнительного погона. Автор патента [15] предлагает вариант схемы фракционирования нефти, который заключается в обеспечении нагрева нефти в рекуперативных теплообменниках, после которых уже подогретая нефть поступает в первую по схеме отбензинивающую колонну, где происходит удаление из нефти фракции легкого бензина. Далее уже отбензиненная нефть подвергается нагреву в трубчатой печи, после чего поступает в эвапорационную зону атмосферной колонны. Из атмосферной колонны обеспечивается выход фракции бензина, керосиновой, дизельной и газойлевых фракций, а также кубового остатка - мазута.

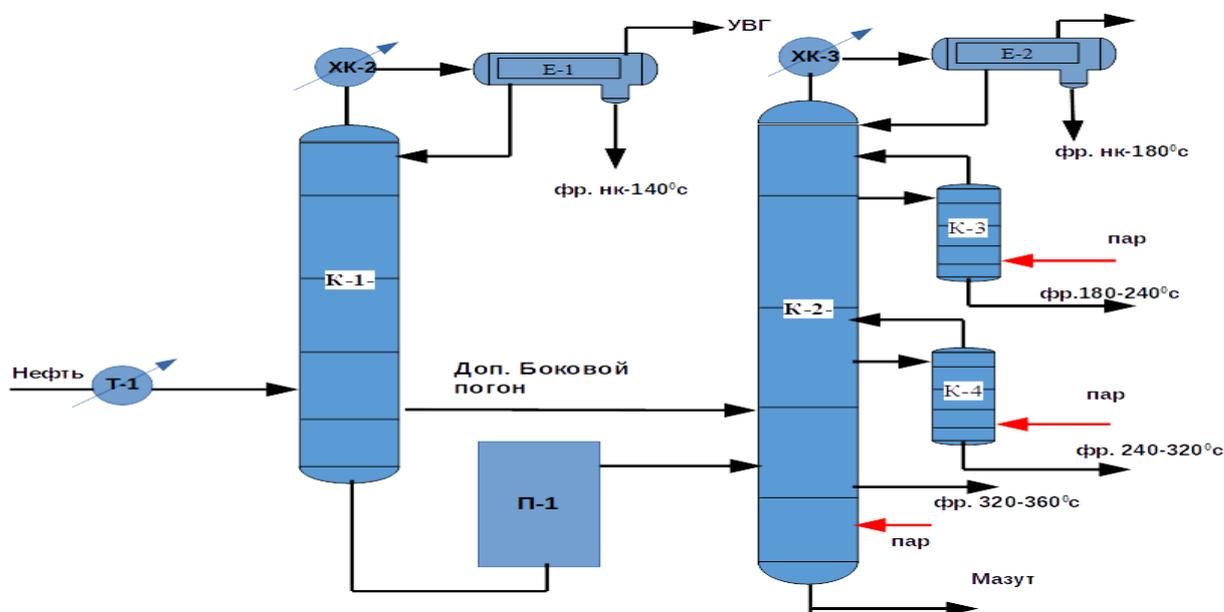


Рисунок 1.3 – Технологическая схема ректификации с дополнительным боковым погоном: Т-1 – рекуперативный теплообменник нагрева нефти; К-1 - отбензинивающая колонна; К-2- основная атмосферная колонна; П-1- трубчатая печь; ХК-2,3 – холодильники конденсаторы; Е-1,2- рефлюксорные емкости; К-3,4 отпарные стрипинги.

Но главной особенностью текущей схемы является отвод с нижней полуглухой тарелки укрепляющей секции дополнительного погона из колонны отбензинивания, и его подачу на нижнюю полуглухую тарелку укрепляющей

секции атмосферной колонны, с которой осуществляют вывод атмосферного газойля. Осуществление дополнительного перетока между отбензинивающей и атмосферной колонной даст дополнительный поток нисходящей флегмы и в последствие увеличит выход фракции атмосферного газойля. Технический результат внедрения данного патента уменьшение энергозатрат и повышение выхода нефтепродуктов в атмосферной колонне.

1.2 Применение высокоэффективных контактных устройств

Ректификационные колонны по устройству внутренних контактных устройств классифицируются следующим образом: на тарельчатые и насадочные колонные аппараты. Принцип взаимодействия жидкой и паровой фазы в тарельчатых колоннах состоит в ступенчатом контакте этих двух фаз на тарелке в слое жидкости и в какой то степени в пространстве между контактными устройствами. Осуществление процесса тепломассообмена контактирующих фаз в насадочном колонном аппарате осуществляется непрерывно по всей высоте насадочного слоя. Колонны процесса ректификации с тарельчатыми контактными устройствами классифицируются на бесколпачковые (дырчатые, решетчатые, ситчатые) и колпачковые. Исходя из метода осуществления стекания жидкости с одного контактного устройства на другое, бесколпачковые тарелки, на которых жидкая фаза перетекает в нижнюю часть колонны через специальные отверстия, или с помощью переливов будут являться провальными. Колонные аппараты насадочного типа могут классифицироваться исходя из типа насадки. Кроме того они подразделяются по методу наполнения внутреннего пространства колонны насадочными устройствами – слоем по всей высоте колонного аппарата – то есть сплошным, и размещение слоев насадки отдельными секциями на частных поддерживающих решетках [16].

В работе [17] автор представляет высокоэффективную тарелку каскадного типа рисунок 1.4. Данное контактное устройство состоит из горизонтально расположенных лент с щелевыми зазорами и уклоном от одной

стороны корпуса колонны к другому. Данное контактное устройство имеет ряд преимуществ, среди которых можно выделить: небольшое значение гидравлического сопротивления, а также вследствие особенности конструкции, включающей сеточную ленту высокую интенсивность тепломассообменного процесса между жидкой и паровой фазами. Сюда же можно отнести не большое значение уноса брызг и капель флегмы, а также особенность работы контактного устройства в большом диапазоне скорости прохождения газа из за малого уровня жидкости на полотне ленты.



Рисунок 1.4 – Каскадная тарелка: 1-ленты, 2-плоскость бордюры, 3-сеточная лента, 4-переливное устройство, 5-стенка колонны.

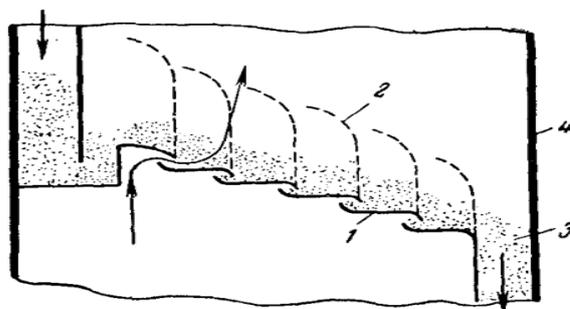


Рисунок 1.5 – Схема каскадной тарелки: 1- S- образные желоба; 2- решетчатые перегородки; 3-сливной стакан; 4-стенка колонны.

На рисунке 1.5 представлен принцип работы каскадной тарелки, которая главным образом являет собой S-образные желоба с вертикальными сеточными лентами перегородками. Процесс тепломассообмена между жидкой и паровой фазой происходит на желобах, на которые легкие пары и газы поступают с нижних контактных устройств. В результате контактирования происходит

процесс формирования пенообразной флегмы, которая проходя через вертикальные перегородки, сепарируется и стекает в следующий желоб. После перетекания жидкой фазы через последний каскад общей линии желобов она поступает в переливное устройство, и далее стекает на нижнее контактное устройство, где процесс повторяется аналогичным образом. Конструкция вертикальных перегородок на самом желобе может быть разной модификации: как прямой, так и загнутой сверху, что в последствие улучшит процесс теплообмена между контактирующими фазами.

Если же рассматривать область конструкций насадочных контактных устройств, то здесь автор патента [18] предлагает использовать конструкцию регулярных насадок, представляющих собой гофрированные листы, смонтированные в пакеты нескольких видов модификаций. На рисунке 1.6 представлена принципиальная схема регулярной насадки.

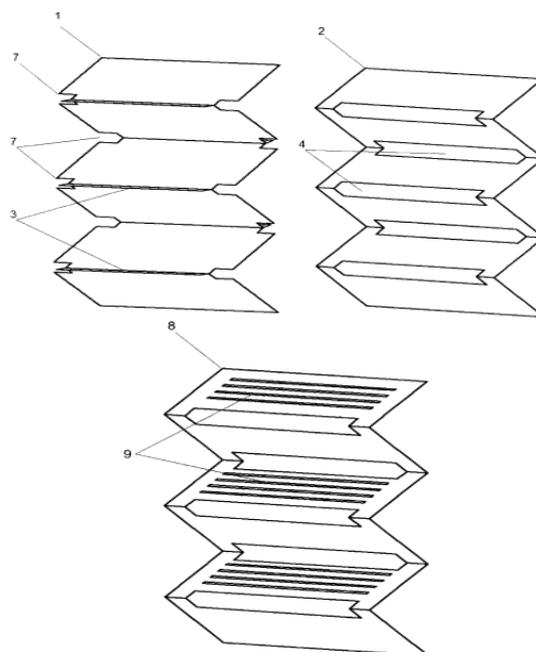


Рисунок 1.6 – Регулярная насадка для тепло-массообменных процессов: 1-гофрированный лист первого исполнения; 2-гофрированный лист второго исполнения; 3- спиралевидные ленты;4-прорези; 7-вырезы; 8-гофрированный лист третьего исполнения; 9- просечки.

В гофрированном листе 1 первого исполнения, присутствуют вырезы 7, которые выполнены на краях вершин гофр и обладают идентичной формой. На

вершинах гофр смонтированы ленты спиралевидной формы 3, которые имеют выступ на 12-15 мм. Данные ленты появляются вследствие свертывания вершины самой гофры, разрезания полученной горизонтальной площадки на большое число лент с одним закрепленным концом и поворота свободного конца вокруг оси ленты на 90°. Гофрированный лист второго вида 2, выполнен следующим образом: в вершинах гофр с просечками выполнены прорези 4, конструктивные размеры которых могут видоизменяться исходя из массовых расходов контактирующих фаз и их свойств. Также предусматривается конструкция гофрированного листа третьего исполнения 8 с проделанными просечками 9. Данная конструкция контактных устройств приведет к снижению габаритных размеров аппарата и снижению капитальных затрат на их изготовление. Схема движения потоков газа и жидкости показана на рисунке 1.7.

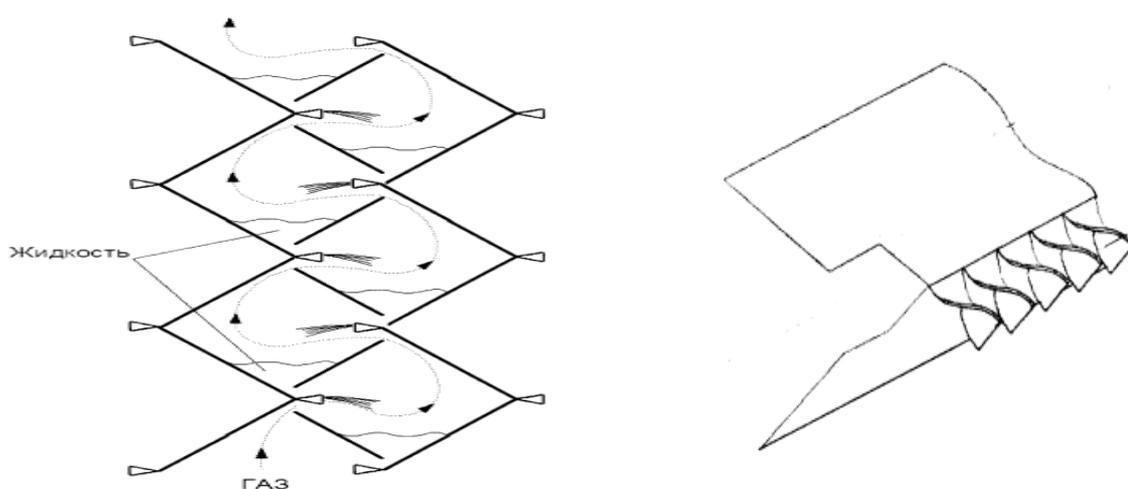


Рисунок 1.7 – Схема движения потоков на регулярной насадке.

Контакт жидкой и паровой фаз происходит в ромбовидных каналах. Направление движения флегмы, стекающей со спиралевидных лент относительно газа сначала параллельное, затем прямоточное, после чего жидкость и пары ударяются о противоположную стенку и происходит процесс контактирования. Конструктивная особенность данной насадки несет в себе улучшение интенсивности процесса фракционирования, вследствие высоких показателей теплопередачи.

Еще одним из вариантов интенсификации процесса ректификации может стать использование многопоточной контактной тарелки. Автор патента [19] предлагает принцип действия контактного устройства, рисунок 1.8 который содержит основание с контактными элементами и переливными коробами, оснащенными гидрозатворными устройствами, боковые стенки которых перфорированы вырезами различной модификации. Гидрозатворные устройства в нижней части оснащены рассекателями конусной формы.

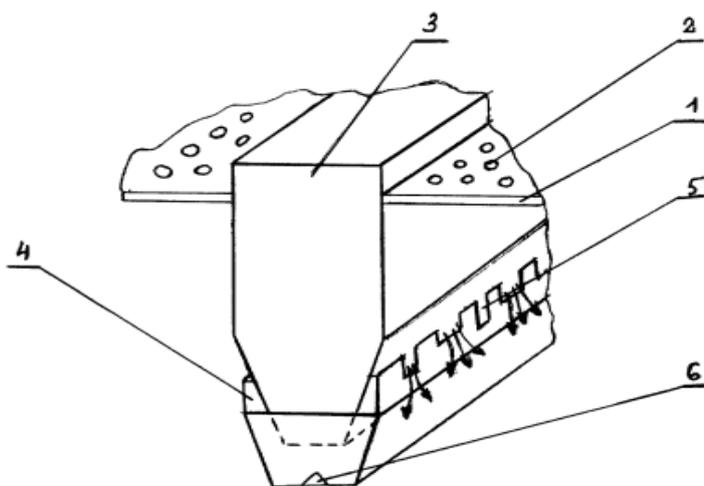


Рисунок 1.8 – Многопоточная контактная тарелка:

- 1- основание; 2-контактные элементы (отверстия); 3-переливные короба;
- 4- гидрозатворные устройства; 5-боковые стенки; 6-конусный рассекатель.

Таким образом, сам факт наличия у данного контактного устройства переливных коробов, оборудованных гидрозатворными устройствами, вследствие низкого значения уноса брызг жидкости и равномерного распределения на поверхности тарелки, дает возможность повысить производительность и показатель устойчивой работы контактного устройства при разных технологических режимах.

1.3 Эффективные присадки и реагенты

Одним из способов интенсификации процесса первичной перегонки нефти с помощью реагентов может стать использование поверхностно

активного вещества - соли калия синтетической жирной кислоты. В работе [20] рассматривается способ интенсификации процесса и увеличение глубины отбора легких фракций нефти, путем введения в поток сырьевой нефти поверхностно активного вещества – соли калия синтетической жирной кислоты RCOOK, где R=C9÷C15, дозировкой в количестве 20÷30 ppm (20-30 грамм на тонну нефти). Эффект от внедрения в производство данного патента состоит в повышении отбора фракций легких углеводородов, вследствие воздействия поверхностно активного вещества, снижающего поверхностное натяжение. Также уменьшается показатель времени затраченного на фракционирования светлых фракций в кубовом остатке, в следствие роста поверхности на границе раздела парогазовой и жидкой части. В таблице 1 представлены показатели проведенных опытов воздействия RCOOK, где R=C9÷C15, на значение поверхностного натяжения.

Таблица 1.1 - Результаты испытания синтетической жирной кислоты RCOOK

Влияние поверхностно-активного вещества RCOOK на величину поверхностного натяжения н-гексана на границе с воздухом	
Концентрация присадки, ppm	Поверхностное натяжение н-гексана на границе с воздухом, мН/м
0	17,9
5	13,92
10	11,93
15	16,9
20	17,9

На рисунке 1.9 продемонстрирована зависимость увеличения выхода фракций Шаимской нефти при расходе RCOOK 27 ppm от скорости перегонки в условиях четкой ректификации на аппарате АРН 2, где цифрами обозначены: 10 - рассматриваемая зависимость при нагреве до 100°С; 11 - рассматриваемая зависимость при нагреве до 200°С.



Зависимость увеличения выхода фракций Шаймской нефти при расходе *RCOOK* 27 ppm от скорости перегонки в условиях четкой ректификации на аппарате АРН 2, где цифрами обозначены: 10 – рассматриваемая зависимость при нагреве до 100⁰С ; 11 – рассматриваемая зависимость при нагреве до 200⁰С

Рисунок 1.9- Зависимость увеличения выхода фракций при расходе *RCOOK* 27 ppm, от скорости перегонки

Из данных рисунка 1.9 следует, что при осуществлении подачи поверхностно-активного вещества *RCOOK* с повышением показателя скорости отбора фракций начинает расти их отбор при разгонке до одной и той же температуры.

В другом методе интенсификации процесса фракционирования, автор в работе [21] касается способа ректификации нефти путем дозировки в нее не синтезированного растворителя, с массовым расходом от 10 до 17%. Процесс взаимодействия должен проходить при условиях времени контактирования от 3 до 5 часов при температуре окружающей среды. Присадка представляет собой ароматическое соединения среднего состава, которые получены при дистиляции каменноугольной смолы. Плотность данного растворителя составляет 925-1095кг/м³, со значением температуры начала кипения 110⁰с и конца кипения 180⁰с. Действие не синтезированного растворителя главным образом направлено на более эффективное и быстрое растворение парафинов, асфальтосмолистых и гетероатомных соединений, что повлечет за собой увеличение скорости фракционирования и выхода светлых фракций. Возможность внедрения результатов данных исследований в технологический процесс обоснована показателями опытных испытаний в аттестованной

лаборатории «Испытательный центр лаборатории нефтепродуктов» ЗАО «Газпромнефть-Кузбасс» г. Новокузнецка. Эксперименты по анализу возможности внедрения в производственный процесс проводилась на опытно-промышленной установке мини – НПЗ расходом по сырью 1м³/час и показали повышение показателей качества и выхода светлых дистиллятов из нефти. Кроме того был проведен пофракционный анализ бензина и дизельной фракции, результаты которых представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 - Сравнительные характеристики продуктов, полученные из ОТГОНОВ

Фракц, мл	Фракции из нефти		Фракц, мл	Фракции из обработанной нефти	
	Бензиновая температура	Дизельная температура		Бензиновая температура	Дизельная температура
н/к	43	160	н/к	65	173
10	68	200	10	75	198
20	78	220	20	91	210
30	100	237	30	109	223
40	110	256	40	114	244
50	120	278	50	124	278
60	133	292	60	140	289
70	142	305	70	152	309
80	160	320	80	162	340
90	178	344	90	188	360
96	185	361	96	198	371

В распространенных способах переработки нефти внедрение данного патента в технологический процесс неизвестно, следовательно установленное техническое решение можно отнести к критериям «новизна» и «существенные отличия».

2 Системы автоматизированного проектирования

В настоящее время главные акценты в проектирующей отрасли нефтеперерабатывающей промышленности направлены на подбор и расчет оптимальных значений и норм технологического режима, обеспечивающих стабильную работу всего оборудования. Кроме того, для повышения технико-экономических показателей важно прогнозировать и анализировать характеристики сырья, а в последствие и свойства полученных нефтепродуктов. Все вышеперечисленные операции наиболее качественно на сегодняшний день выполнимы в средах моделирования химико-технологических систем.

Интерфейс современных САПР позволяет использовать опыт проектировщика для исключения заведомо нереализуемых вариантов ХТС и сокращения времени поиска оптимального варианта. САПР – комплексная система, прямым назначением которой, является процесс автоматизации моделирования. Данная система обеспечивает высокоэффективное, качественное и быстрое по времени выполнение инженерных работ по проектированию производственных процессов. На рисунке 2.1 представлены направления и задачи решаемые с помощью САПР [23].



Рисунок 2.1- Направления применения САПР в нефтегазовой отрасли

Процесс осуществления расчетов в САПР включает следующие элементы:

- ввод исходных данных;
- формирование технологической схемы;
- расчёт свойств потоков (программа осуществляет самостоятельно);
- расчёт преобразователей потоков (аппаратов схемы);
- организация вывода результатов расчета.

Одним из ведущих программных обеспечений в сфере автоматизированного проектирования является Honeywell's UniSim® Design. Целевое назначение данного программного продукта заключается в моделировании и проектировании технологических схем и процессов, а также совершенствование методов бизнес планирования в сфере переработки и процесса добычи в нефтяной промышленности [22].

2.1 Технологическое проектирование ректификации с использованием САПР Unisim Design

В ходе выполнения экспериментальной части выпускной квалификационной работы была задействована система автоматизированного проектирования Unisim Design. Honeywell's UniSim® Design являет собой программный инструмент для выполнения моделирования и проектирования технологического процесса. Также программное обеспечение позволяет производить конструктивные расчеты и оценку стоимости основного оборудования нефтехимических производств, среди которых можно выделить: теплообменники, колонны, рефлюксорные емкости, сепараторы, насосно-компрессорное оборудование, резервуары, емкости отстойники. Выполнение проектной деятельности в САПР Unisim Design производится в серии следующих этапов:

- Выбор веществ и уравнений для расчёта их свойств;
- Формирование технологической схемы и её расчёт;

- Вывод результатов.

Преимущество САПР Unisim Design заключается в простоте и понятности параметров интерфейса программы, четкой и прямой связи между этапами проектирования. В группу инструментов проектирования Unisim Design входят:

- База данных о физико-химических свойствах 10 тыс. различных веществ;
- 27 альтернативных пакетов для расчета физических свойств смесей;
- Пакет для описания нефтяных фракций и расчета их свойств;
- Методы термодинамических расчетов фазового равновесия в трехфазных системах;
- Компьютерные модели нефтехимического оборудования;
- Средства визуализации схем графические и текстовые редакторы;
- Математические методы и программные средства расчета и оптимизации химико-технологических схем;
- Средства формирования отчетов о результатах моделирования.

Достоинства осуществления деятельности проектирования и моделирования в САПР Unisim Design обоснованы и признаны на практике. Система моделирования Unisim Design приводит к уменьшению капитальных затрат до 35%, вследствие оптимального подбора конструктивных размеров аппаратов, а также за счет большого подбора инструментов управления рабочими процессами, позволяет увеличить эффективность проектирования в среднем до 20% [24].

2.2 Интерфейс и возможности САПР Unisim Design

Самая первая часть интерфейса Unisim Design – это диспетчер, или среда базиса, рисунок 2.2. В этой первоначальной стадии процесса моделирования дают характеристику химическим элементам, отображают степень их превращения и термодинамику моделирующей системы. Библиотека

компонентов в Unisim Design достаточно разнообразна, она содержит данные о физико-химических свойствах 10 тыс. различных веществ.

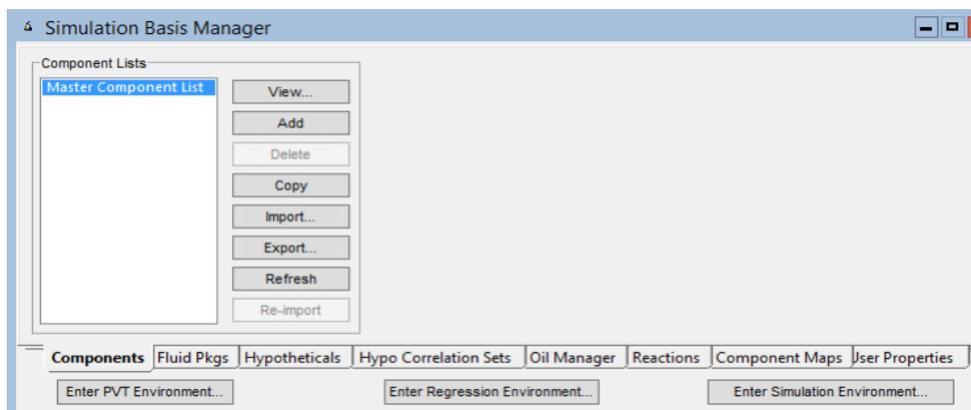


Рисунок 2.2 – Диспетчер, среда базиса

Осуществление добавления химических элементов, входящих в состав моделируемого потока проводится при помощи вкладки «Components». Простой и понятный интерфейс базы данных химических веществ, позволит осуществить поиск элементов по названию, либо по химической формуле вещества. Основой поисковой системы служат фильтры поиска, которые ведут отбор по типу вещества и по требуемому термодинамическому пакету. Термодинамические модели в САПР Unisim Design представлены на рисунке 2.3.

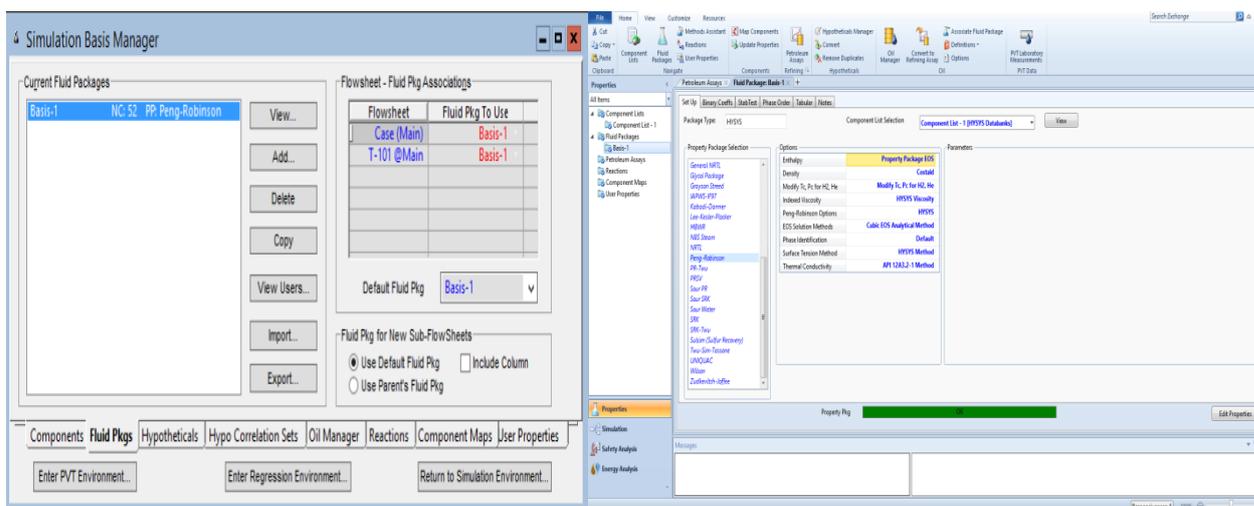


Рисунок 2.3 – Вкладка «Fluid Pkgs» группы термодинамических моделей

Набор системных сложных уравнений, которые включают в себя взаимосвязь параметров состояния вещества и их термодинамических характеристик (плотность, энтальпия, константы фазового равновесия) определяют фазовое состояние моделируемого химического элемента в общем потоке. Для того чтобы задать фракционный состав сырья в САПР Unisim Design присутствует диспетчер нефти. В диалоговом окне интерфейса «Oil Characterization» → «Assay» нажимаем кнопку «Add». Далее в появившемся активном окне программы нужно осуществить выбор свойств из предложенного ассортимента и установить их значения (рисунок 2.4).

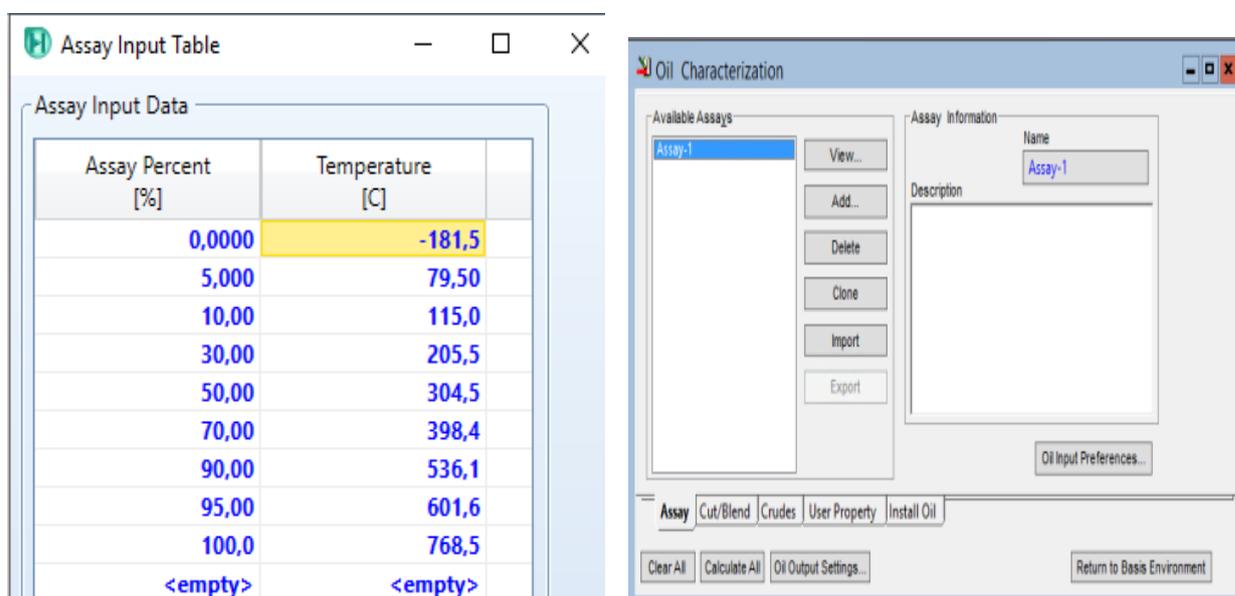


Рисунок 2.4 – Внесение данных в диспетчер нефти

Осуществление процесса моделирования в САПР Unisim Design открывает возможность проведения конструктивных расчетов. В базу моделирования программы внесены наборы стандартных размеров конструктивных элементов, на которые в последствие происходит пересчет значений, взятых из предварительных расчетов. При создании технологической схемы САПР Unisim Design предлагает набор аппаратов, используемых в химической и нефтехимической промышленности. Таким образом открывается процесс моделирования и проектирования не только простых схем газоразделения, но и технологических схем первичной перегонки нефти.

Пример обозначения аппаратов на панели инструментов САПР Unisim Design представлен на рисунке 2.5.

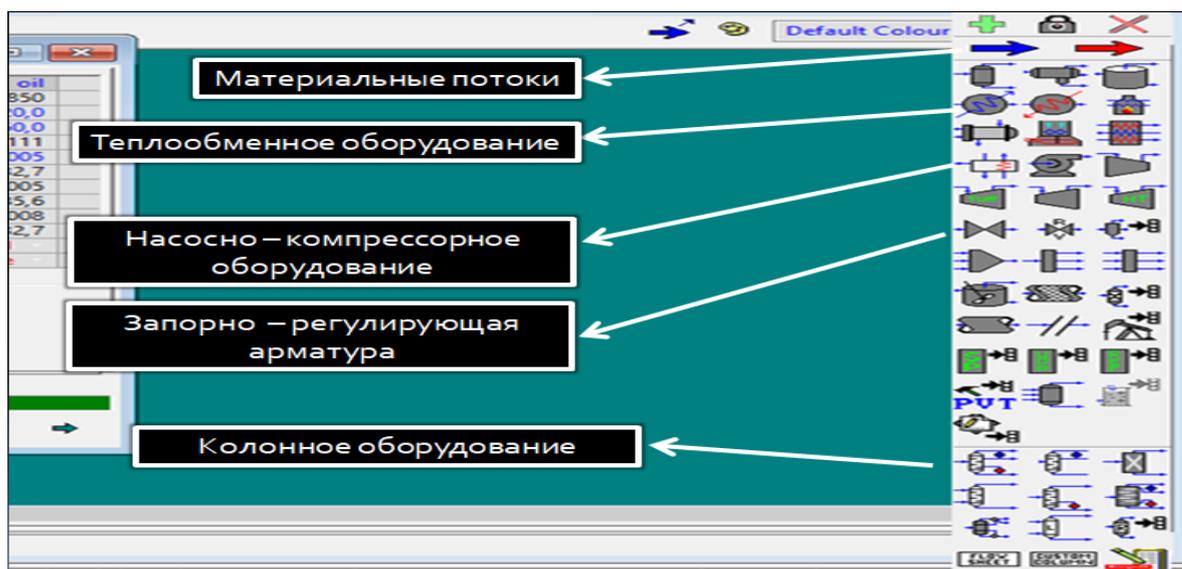


Рисунок 2.5- Панель выбора аппаратов для технологической схемы

Набор полученных параметров и результатов расчетов в САПР Unisim Design организовывается выводом отчетов программы. Их содержание определяет пользователь, который сам имеет возможность добавлять или убирать графики, таблицы и пункты различных расчетов, содержащие свойства материальных и тепловых потоков, расчеты и профили самого аппарата. Кроме того есть функция сохранения результатов в файл, а также переноса данных отчета в другие программы [25].

3 Экспериментальная часть

3.1 Постановка задачи исследования

Вопросы энергосбережения и поиска оптимальных режимов проведения процесса актуальны для всех предприятий нефтеперерабатывающего комплекса. Установки фракционирования нефти, как основные потребители энергии на НПЗ, ввиду высокой производительности, требуют особого внимания в плане рационального использования энергии.

Целью ВКР является разработка энергоэффективной технологической схемы фракционирования нефти.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Выполнить анализ существующих схем;
2. Ознакомиться с возможностями существующих САПР;
3. Разработать схему с предварительным отбензиниванием и рекуперацией тепла в Unisim Design;
4. Выполнить проектирование предфракционатора;
5. Выполнить анализ степени рекуперации тепла.

Построение моделей технологических схем и их оптимизацию целесообразно осуществлять в САПР Unisim Design.

3.2 Моделирование схем фракционирования

3.2.1 Исходные данные

Разработка моделей схем фракционирования проводилась с использованием САПР Honeywell's UniSim® Design на основе данных состава нефти и газовой части, а также параметров сырьевого потока, включающего в себя расход и температуру питания, давления верха/низа колонны отбензинивания, и другие параметры представленные в таблицах 3.1, 3.2, 3.3. Нагрузка по исходной нефти 120 т/час.

Таблица 3.1 – Состав нефти

Наименование фракции, °C	Массовая доля выхода фракций, %	Объемная доля выхода фракций, %
C ₁ – C ₄	0,8337	0
15-36	0,9945	1,3761
36-70	2,1346	2,7522
70-80	0,7677	0,9633
80-90	1,3669	1,6513
90-100	1,7781	2,0986
100-110	1,3473	1,5825
110-120	1,5053	1,7545
120-130	1,4149	1,6513
130-140	1,4901	1,7201
140-150	1,3657	1,5825
150-160	1,6941	1,9266
160-170	1,5313	1,7201
170-180	0,9313	1,0665
180-190	1,2717	1,4105
190-200	1,4533	1,6169
200-210	1,6973	1,8577
210-220	1,3177	1,4105
220-230	1,7201	1,8233
230-240	2,2662	2,3738
240-250	2,0078	2,0986
250-260	2,2430	2,3394
260-270	1,9722	2,0642
270-280	2,0650	2,1330
280-290	2,2258	2,3050
290-300	3,0882	3,1651
300-310	1,4261	1,4793
310-320	1,6029	1,6513
320-330	2,1554	2,2018
330-340	2,6810	2,7522
340-350	2,6682	2,7178
360-360	2,6658	2,7178
Легкие фракции (C ₁ – C ₄ и до 36 °C)	1,8281	1,761
Бензин (фр. от 36 до 180 °C)	17,3274	20,4696
Дизельное Топливо (фр. от 180 до 360 °C)	36,5277	38,11822
Светлые от 36 °C до 360 °C	53,8551	58,5878
Остаток выше 360 °C	44,3167	40,0360

Таблица 3.2 – Исходные данные

Расход питания, т/час	120
Температура питания, °С	120
Давление потока питания кПа	160
Давление верх/низ, кПа	120/180
Требования к продуктам:	
Дистиллят	нк -140
Содержание «легких» в кубе	≤0,5%
Содержание «тяжелых» в дистилляте	≤0,5%

Таблица 3.3 – Состав и содержание газовой части

Газовая часть Компонентный состав	% об
CH ₄	0,00
C ₂ H ₆	0,01
C ₃ H ₈	0,15
i-C ₄ H ₁₀	0,20
n-C ₄ H ₁₀	0,76
i-C ₅ H ₁₂	0,71
n-C ₅ H ₁₂	1,18
C ₆	2,04

Расчет парожидкостного равновесия производится методом уравнения состояния Peng-Robinson, так как данный метод наиболее адекватно описывает углеводородные системы. Метод перегонки нефтепродуктов выбран стандартный – ASTM D86. Модель колонны – Distillation Column с дефлегматором и кипятильником.

САПР Unisim Design позволяет получить исчерпывающие данные как по устройству колонны, так и по результатам ее работы.

3.2.2 Моделирование технологической схемы установки фракционирования с колонной предварительного отбензинивания

В рабочей тетради колонны представлены основные параметры материальных потоков, а именно: расход, давление, температура, состав и т.д.

Колонна отбензинивания T-100 служит для извлечения газов, паров воды и легкой бензиновой фракции (с концом кипения 120-160°C).

Рабочие параметры данной колонны:

Давление верха: 120 кПа

Температура верха/низа: 99/255 °C

На рисунке 3.1 представлена расчетная модель колонны отбензинивания с обозначением тепловых и материальных потоков.

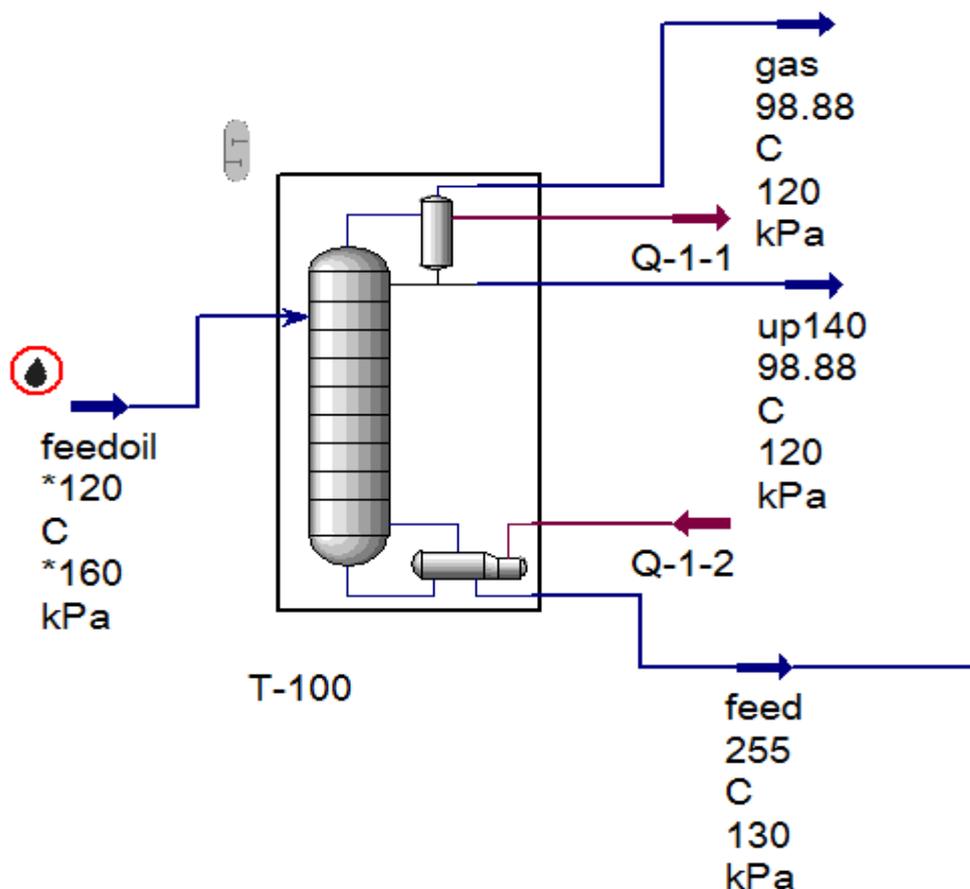


Рисунок 3.1 – Расчетная модель колонны отбензинивания

На рисунке 3.2 представлена рабочая тетрадь колонны, где отражены технологические параметры каждого из материальных потоков.

Имя	feedoil @COL1	gas @COL1	up140 @COL1	feed @COL1
Пар	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000
Температура [C]	120.0	98.88	98.88	255.0
Давление [kPa]	160.0	120.0	120.0	130.0
Мольный расход [kgmole/h]	507.5	37.44	95.63	374.5
Масс. расход [kg/h]	1.200e+005	3150	9900	1.069e+005
Станд. объем. расх. ид. жидк. [м3/h]	141.1	4.606	13.54	122.9
Молярная энтальпия [kJ/kgmole]	-4.605e+005	-1.429e+005	-2.101e+005	-4.568e+005
Молярная энтропия [kJ/kgmole-C]	503.8	216.7	144.2	835.5
Тепловой поток [kJ/h]	-2.337e+008	-5.350e+006	-2.009e+007	-1.710e+008

Рисунок 3.2 – Рабочая тетрадь колонны отбензинивания

На рисунке 3.3 представлены параметры, по которым осуществлялась спецификация колонны отбензинивания. Так, были заданы значения рефлюксного числа, расхода дистиллята, температуры куба.

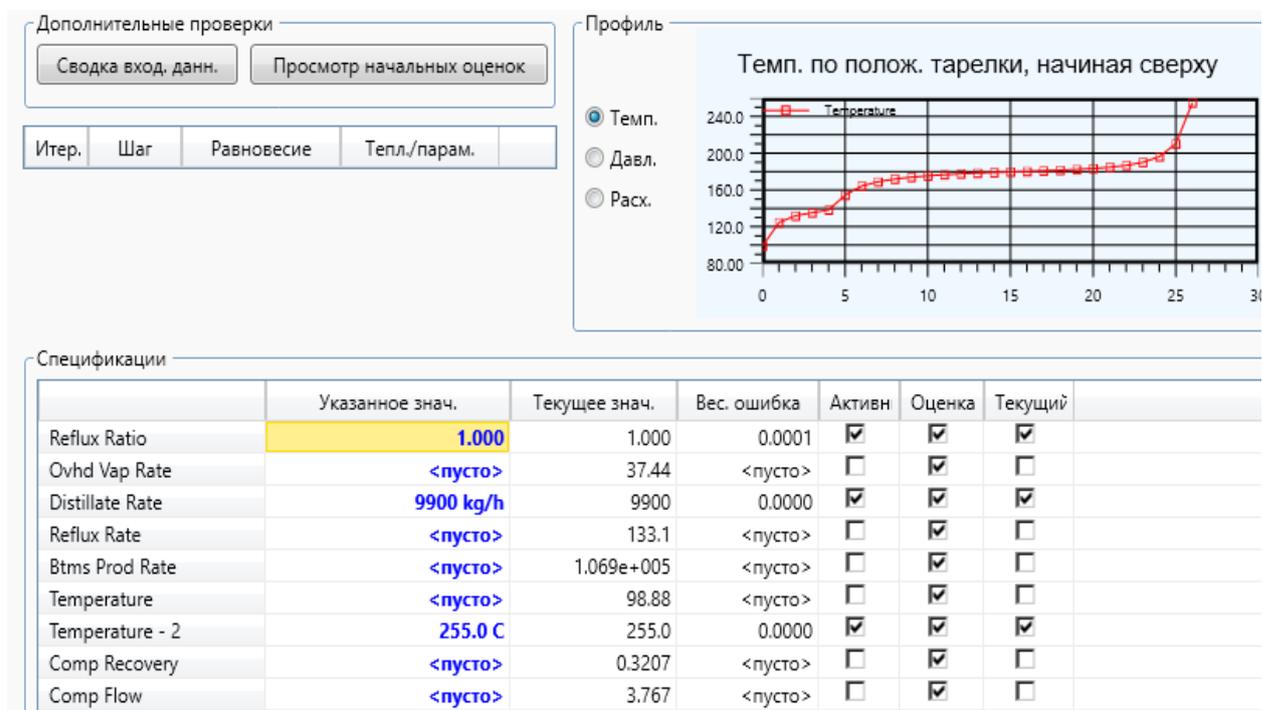


Рисунок 3.3 – Список спецификаций колонны отбензинивания

Материальный баланс колонны отбензинивания представлен в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Материальный баланс колонны отбензинивания

Компонент	Сырье	Газ	Верхний продукт	Куб
NBP[1]15*	0.013	0.127	0.019	0.000
NBP[1]29*	0.014	0.124	0.025	0.000
NBP[1]43*	0.015	0.118	0.032	0.000
NBP[1]57*	0.016	0.111	0.043	0.000
NBP[1]71*	0.018	0.102	0.056	0.000
NBP[1]85*	0.020	0.090	0.071	0.000
NBP[1]100*	0.029	0.098	0.118	0.000
NBP[1]112*	0.032	0.081	0.138	0.000
NBP[1]127*	0.049	0.086	0.228	0.000
NBP[1]140*	0.043	0.053	0.206	0.000
NBP[1]154*	0.035	0.010	0.060	0.031
NBP[1]168*	0.034	0.000	0.003	0.046
NBP[1]182*	0.032	0.000	0.000	0.043
NBP[1]196*	0.032	0.000	0.000	0.044
NBP[1]211*	0.034	0.000	0.000	0.046
NBP[1]224*	0.035	0.000	0.000	0.047
NBP[1]238*	0.036	0.000	0.000	0.048
NBP[1]252*	0.036	0.000	0.000	0.049
NBP[1]266*	0.036	0.000	0.000	0.049
NBP[1]280*	0.035	0.000	0.000	0.048
NBP[1]294*	0.032	0.000	0.000	0.043
NBP[1]308*	0.028	0.000	0.000	0.039
NBP[1]322*	0.027	0.000	0.000	0.037
NBP[1]336*	0.028	0.000	0.000	0.037
NBP[1]350*	0.029	0.000	0.000	0.039
NBP[1]364*	0.028	0.000	0.000	0.038
NBP[1]378*	0.026	0.000	0.000	0.035
NBP[1]392*	0.023	0.000	0.000	0.032
NBP[1]406*	0.022	0.000	0.000	0.030
NBP[1]420*	0.021	0.000	0.000	0.029
NBP[1]440*	0.038	0.000	0.000	0.052
NBP[1]467*	0.026	0.000	0.000	0.036
NBP[1]499*	0.025	0.000	0.000	0.034
NBP[1]519*	0.014	0.000	0.000	0.020
NBP[1]551*	0.008	0.000	0.000	0.011
NBP[1]579*	0.007	0.000	0.000	0.009
NBP[1]607*	0.006	0.000	0.000	0.008
NBP[1]634*	0.005	0.000	0.000	0.007
NBP[1]672*	0.006	0.000	0.000	0.008
NBP[1]739*	0.003	0.000	0.000	0.004
NBP[1]796*	0.003	0.000	0.000	0.004

После колонны отбензинивания по схеме следует основная колонна с двумя боковыми отгонами, которая предназначена для выделения нестабильной широкой фракции легких углеводородов, керосиновой фракции, дизельной фракции и мазута.

С верха колонны Т-101 выводятся пары нестабильной широкой фракции легких углеводородов, которые затем охлаждаются и поступают в емкость орошения, где разделяются на паровую и жидкую фазы.

Рабочие параметры данной колонны:

Давление верха: 95 кПа;

Температура верха/низа: 247/371 °С.

На рисунке 3.4 представлена расчетная модель колонны ректификации с обозначением тепловых и материальных потоков.

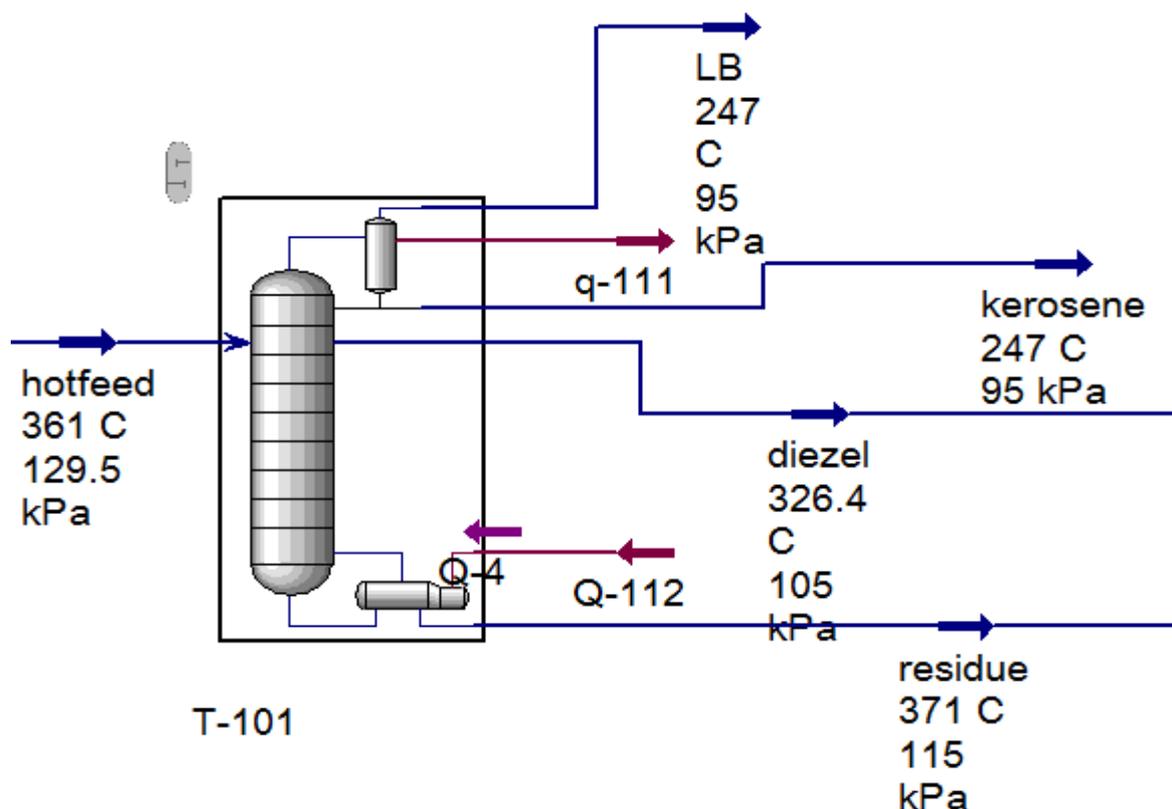


Рисунок 3.4 – Расчетная модель колонны ректификации

На рисунке 3.5 представлена рабочая тетрадь колонны, где отражены технологические параметры каждого из материальных потоков.

Имя	hotfeed @COL2	LB @COL2	kerosene @COL2	diezel @COL2	mazut @COL2
Пар	0.6684	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Температура [C]	361.0	247.0	247.0	326.4	371.0
Давление [kPa]	129.5	95.00	95.00	105.0	115.0
Мольный расход [kgmole/h]	374.5	131.3	63.67	39.98	139.5
Масс. расход [kg/h]	1.069e+005	2.298e+004	1.400e+004	1.197e+004	5.800e+004
Станд. объем. расх. ид. жидк. [м3/h]	122.9	28.41	16.80	13.82	63.91
Молярная энтальпия [kJ/kgmole]	-3.360e+005	-2.423e+005	-3.587e+005	-4.165e+005	-5.186e+005
Молярная энтропия [kJ/kgmole-C]	1044	520.1	577.8	974.0	1546
Тепловой поток [kJ/h]	-1.258e+008	-3.182e+007	-2.284e+007	-1.665e+007	-7.234e+007

Рисунок 3.5 – Рабочая тетрадь ректификации

На рисунке 3.6 представлены параметры, по которым осуществлялась спецификация колонн. Так, были заданы значения рефлюксного числа, расхода дистиллята, температуры куба, расхода кубового продукта.

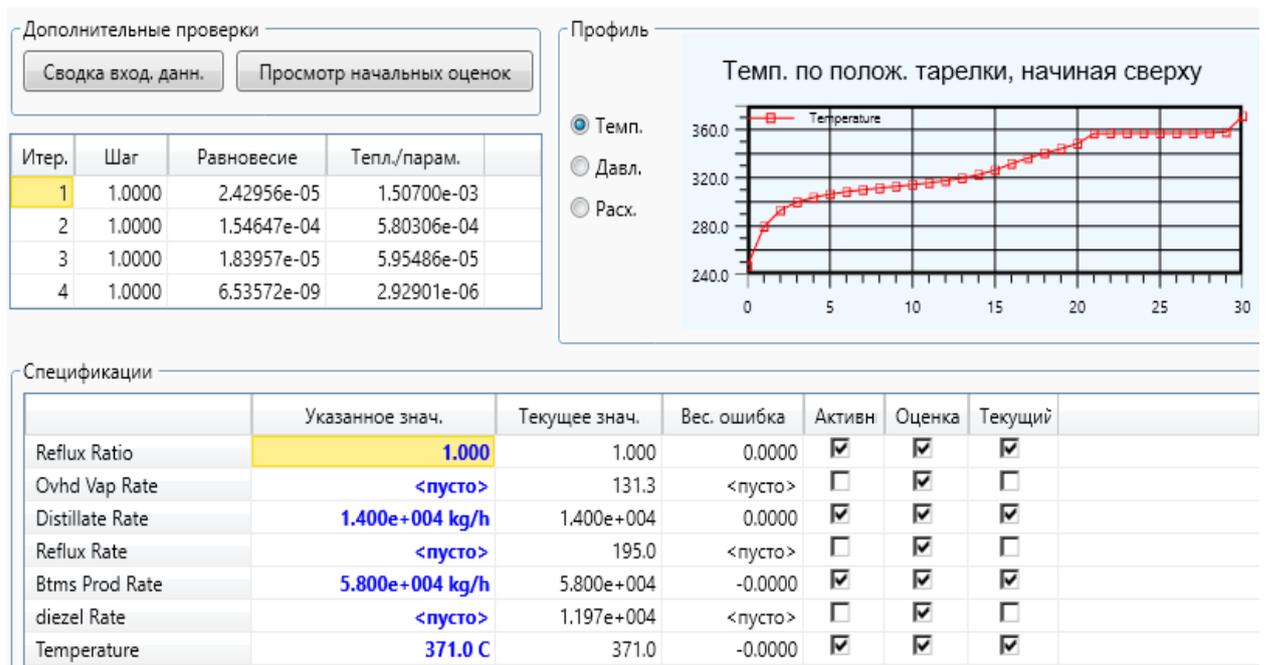


Рисунок 3.6 – Список спецификаций колонны ректификации

Материальный баланс колонны ректификации представлен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Материальный баланс колонны ректификации

Компонент	Сырье	ШФЛУ	Керосиновая фракция	Дизель	Мазут
NBP[1]15*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NBP[1]29*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NBP[1]43*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NBP[1]57*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NBP[1]71*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NBP[1]85*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NBP[1]100*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NBP[1]112*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NBP[1]127*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NBP[1]140*	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
NBP[1]154*	0.031	0.081	0.013	0.002	0.001
NBP[1]168*	0.046	0.115	0.023	0.004	0.002
NBP[1]182*	0.043	0.106	0.027	0.005	0.003
NBP[1]196*	0.044	0.102	0.034	0.006	0.004
NBP[1]211*	0.046	0.101	0.045	0.007	0.005
NBP[1]224*	0.047	0.097	0.057	0.009	0.006
NBP[1]238*	0.048	0.091	0.071	0.012	0.008
NBP[1]252*	0.049	0.082	0.087	0.015	0.010
NBP[1]266*	0.049	0.071	0.102	0.019	0.013
NBP[1]280*	0.048	0.057	0.114	0.024	0.016
NBP[1]294*	0.043	0.040	0.113	0.028	0.017
NBP[1]308*	0.039	0.027	0.107	0.034	0.020
NBP[1]322*	0.037	0.018	0.101	0.045	0.023
NBP[1]336*	0.037	0.010	0.086	0.077	0.029
NBP[1]350*	0.039	0.002	0.019	0.199	0.037
NBP[1]364*	0.038	0.000	0.000	0.198	0.044
NBP[1]378*	0.035	0.000	0.000	0.150	0.050
NBP[1]392*	0.032	0.000	0.000	0.099	0.057
NBP[1]406*	0.030	0.000	0.000	0.050	0.066
NBP[1]420*	0.029	0.000	0.000	0.015	0.073
NBP[1]440*	0.052	0.000	0.000	0.003	0.138
NBP[1]467*	0.036	0.000	0.000	0.000	0.096
NBP[1]499*	0.034	0.000	0.000	0.000	0.092
NBP[1]519*	0.020	0.000	0.000	0.000	0.052
NBP[1]551*	0.011	0.000	0.000	0.000	0.029
NBP[1]579*	0.009	0.000	0.000	0.000	0.024
NBP[1]607*	0.008	0.000	0.000	0.000	0.021
NBP[1]634*	0.007	0.000	0.000	0.000	0.019
NBP[1]672*	0.008	0.000	0.000	0.000	0.023
NBP[1]739*	0.004	0.000	0.000	0.000	0.011
NBP[1]796*	0.004	0.000	0.000	0.000	0.010

осуществить съем тепла для предварительного нагрева. Так, поток дизельной фракции является теплоносителем для теплообменника E-100, а поток тяжелого остатка для теплообменника E-101.

На рисунке 3.8 представлены данные по изменению температуры входного потока нефти при ее прохождении через рекуперативные теплообменники.

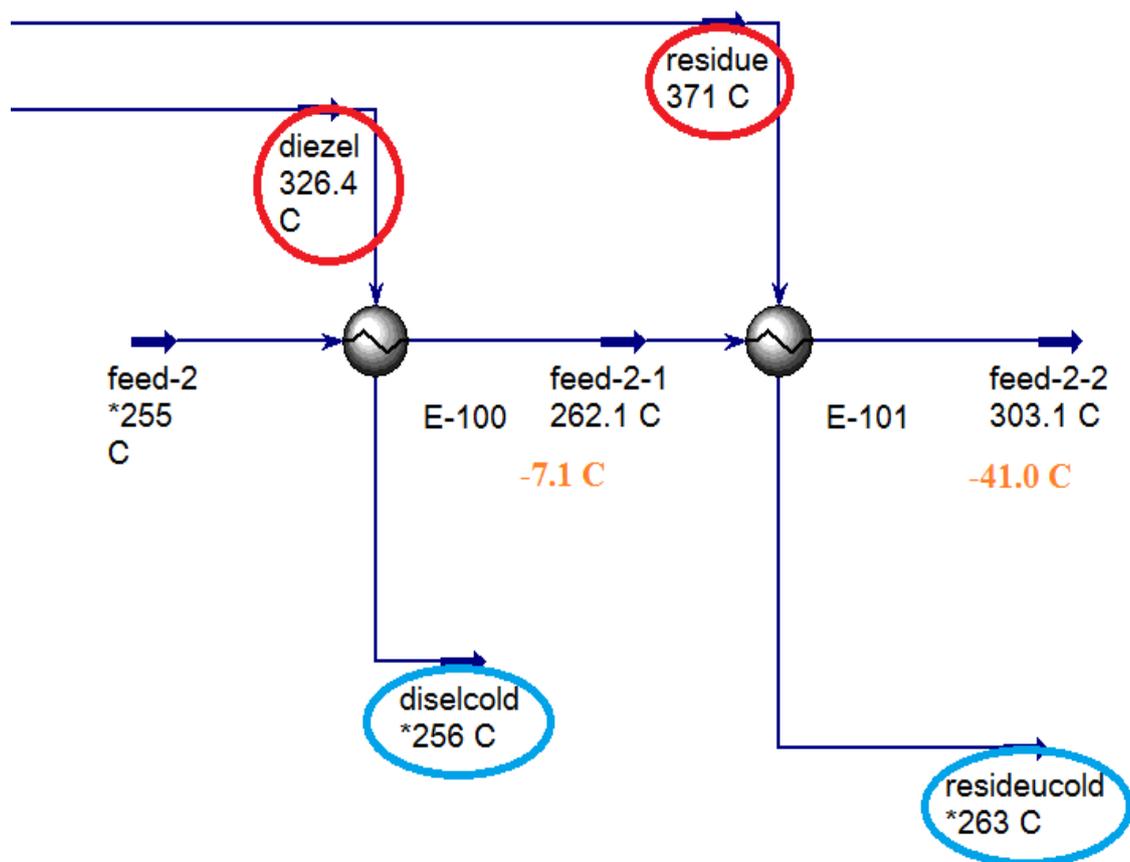


Рисунок 3.8 – Изменение температуры потока нефти

Так, при прохождении E-100 нефть подогревается на 7,1°С, при прохождении E-101 на 41°С, что в пересчете на единицы энергии соответствуют 2,5 ГДж/час и 18,8 ГДж/час.

В таблице 3.6 представлены затраты энергии на подогрев сырья в печи без использования рекуперативных теплообменников и затраты энергии на подогрев сырья в печи с учетом использования рекуперативных теплообменников.

Таблица 3.6 – Сравнение затрат энергии на подогрев сырья в печи

	Без использования рекуперативных теплообменников	С использованием рекуперативных теплообменников
Нагрузка на печь	45,2 ГДж/час	23,9 ГДж/час (45,2- 2,5-18,8)

Таким образом, нагрузка на печь подогрева сырьевого потока может быть снижена вследствие использования тепла рекуперативных теплообменников на 47,2%.

3.2.4 Проектирование колонны отбензинивания

Выполним гидравлический расчет и анализ тарельчатой колонны с целью определения геометрических размеров колонны, конструктивных параметров тарелок, а также проверки устойчивости и работоспособности контактных тарелок при определенных нагрузках по пару и жидкости.

Для этого выполним оценочный расчет во вкладке внутренние устройства. Выполнили автосекционирование.

Section	Start Stage	End Stage	Mode	Internals Type	Tray/Packin Type	Number of Passes	Packing Vendor	Packing Material	Packing Dimension	Tray Spacing / Section Packed Height [m]	Diameter [m]	Details
CS-1	25_Main Tower	14_Main Tower	Interactive Sizing	Trayed	Sieve	1				0,6096	1,814	View X
CS-2	13_Main Tower	1_Main Tower	Interactive Sizing	Trayed	Sieve	2				0,6096	2,930	View X

Рисунок 3.9 – Оценочный расчет размеров колонны

В результате оценочного расчета программа разбила колонну на две части верхнюю и нижнюю, для каждой секции определила оценочный диаметр для верхней части диаметр составил 1,81 м и для нижней части диаметр составил 2,93 м, расстояние между тарелками 0,6096 м, а также по умолчанию приняла ситчатые тарелки.

Перейдя в режим просмотра гидравлического графика View Hydraulic Plots, на гидравлическом графике видно, что на тарелках 1-11 обнаружено предупреждение из-за высокой скорости выхода из бокового сливного отверстия превышая допустимое значение 0,56 м/с.

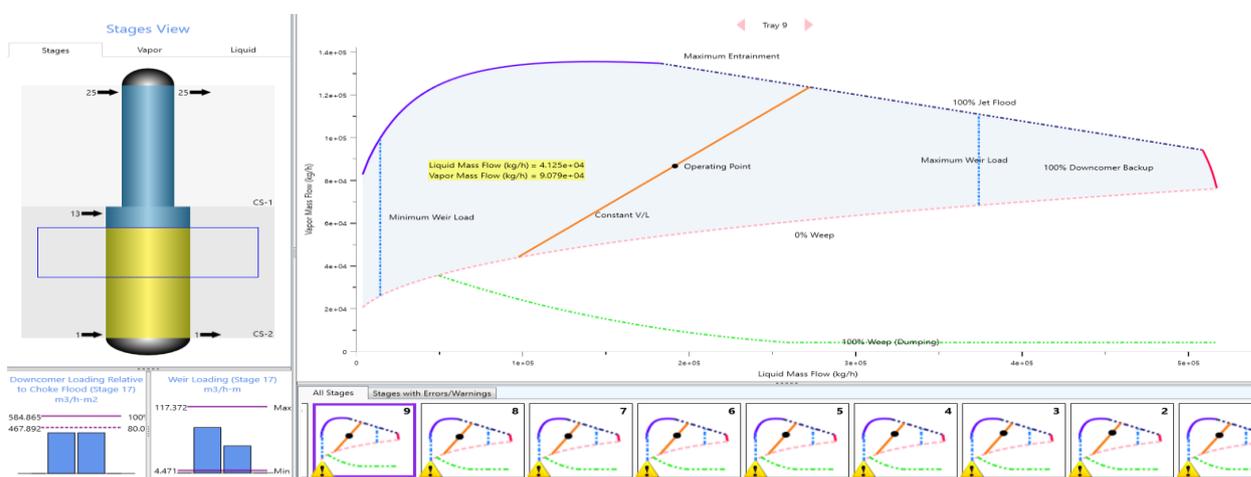


Рисунок 3.10 – Гидравлический график для ситчатой тарелки

Из – за большой разности нагрузок по пару и жидкости в верхней и нижней части колонны, спроектируем колонны разными диаметрами. Последовательно изменяя параметры колонны, такие как диаметр колонны, расстояние между тарелками, а также тип контактных тарелок и их конструктивные характеристики добиваясь эффективной устойчивой работы тарелок при разных нагрузках, найдем что оптимальные условия работоспособности тарелок будет выполняться при следующих параметрах:

- а) для верхней части колонны:
 - диаметр колонны, 2,4 м;
 - расстояние между тарелками, 0,82 м;

- двухпоточные ситчатые тарелки

б) для нижней части колонны:

- диаметр колонны, 2,9 м;

- расстояние между тарелками, 0,7 м;

- двухпоточные ситчатые тарелки.

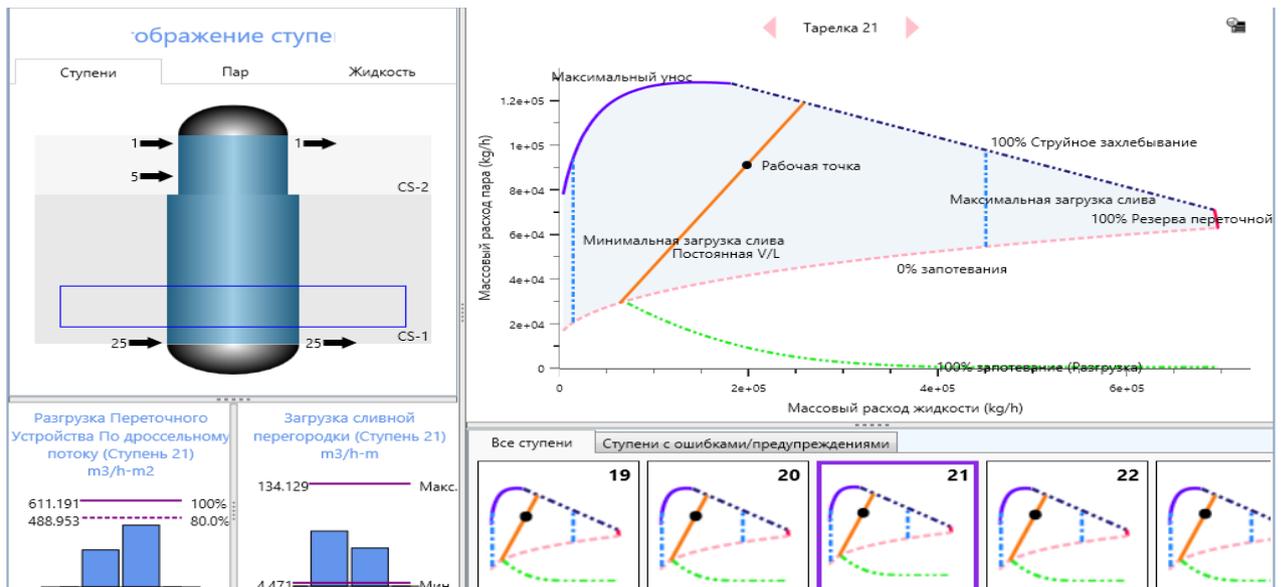


Рисунок 3.11 – Гидравлический профиль колонны отбензинивания

Секция		Геометрия переточной		
Тип тарелки	Sieve	Свойство	Сторона	По центру
Диаметр [m]	2.400	Просв. перет. трубки (mm)	55.30	55.30
Расст. между тарел. [m]	0.8200	Ширина верха переточной трубки (mm)	313.0	221.7
Кол-во проходов	2	Ширина низа переточной трубки (mm)	180.0	221.7
Диаметр отверстия [mm]	23.00	Площадь верха переточной трубки (m2)	0.3472	0.5312
Площадь отверстий к текущей площади	0.1000	Площадь низа переточной трубки (m2)	0.1541	0.5312
Измеритель толщины крышки	10 Gauge			
Значение измеренной толщины крышки	3.404			
Площадь поперечного сечения [m2]	4.524			
Активная область [m2]	3.491			
Чистая площадь [m2]	4.008			

Геометрия пере		
Свойство	Сторона	По центру
Выс. слив. перег. (mm)	68.00	68.00
Длина слив. перег. (m)	1.616	2.390
Фракция пикетир.	0.0000	0.3236

Панели		
Свойство	Панель А	Панель В
Длина пути потока (m)	0.7762	0.9092
Площадь кипения (m2)	1.649	1.649

Рисунок 3.12 – Конструктивные параметры колонны в верхней части

Секция

Тип тарелки	Sieve
Диаметр [m]	2.900
Расст. между тарел. [m]	0.7000
Кол-во проходов	2
Диаметр отверстия [mm]	35.00
Площадь отверстий к текущей площади	0.1000
Измеритель толщины крышки	10 Gauge
Значение измеренной толщины крышки	3.404
Площадь поперечного сечения [m ²]	6.605
Активная область [m ²]	5.064
Чистая площадь [m ²]	5.835

Геометрия переточной

Свойство	Сторона	По центру
Просв. перет. трубки (mm)	45.63	45.63
Ширина верха переточной трубы (mm)	400.0	228.0
Ширина низа переточной трубы (mm)	282.2	228.0
Площадь верха переточной трубы (m ²)	0.5500	0.6605
Площадь низа переточной трубы (m ²)	0.3303	0.6605

Геометрия пере.

Свойство	Сторона	По центру
Выс. слив. перег. (mm)	58.33	58.33
Длина слив. перег. (m)	1.719	2.891

Панели

Свойство	Панель А	Панель В
Длина пути потока (m)	0.9360	1.054
Площадь кипения (m ²)	2.422	2.422

Рисунок 3.13 – Конструктивные параметры колонны в нижней части

Тип внутр. устр. Тарелка Насадка
 Тип тарелки **Sieve** Устройство слива. **Обычное** Число проходов **2**

Диаметр отверстия **23 mm**

Ширина бокового перелива
 Верх **313 mm**
 Низ **180 mm**

Длина бок. слив. перег. **1.616 m**
 Длина центрального сливного порога **2.39 m**

Ширина центр. переточной трубы
 Верх **221.7 mm**
 Низ **221.7 mm**
 Диаметр **2.4 m**

Высота переливных перегородок **68 mm**
 Просв. перет. трубки **55.3 mm**

Расст. между тарел. **0.82 m**

Количество отверстий **840**
 Площадь отверстий к текущей площади **0.1000**
 Толщина Крышки **10 Gauge**
 3.404 mm
 баланс перетока основанный на **Максимальная загрузка**
 Текущая область под переливом

Модификации слива
 Нет
 Пикетир.
 Стреловидный возврат

ОК Сбалансировать переточ. трубу! Просмотреть гидравлически

Рисунок 3.14 – Конструктивные параметры тарелок в верхней части колонны

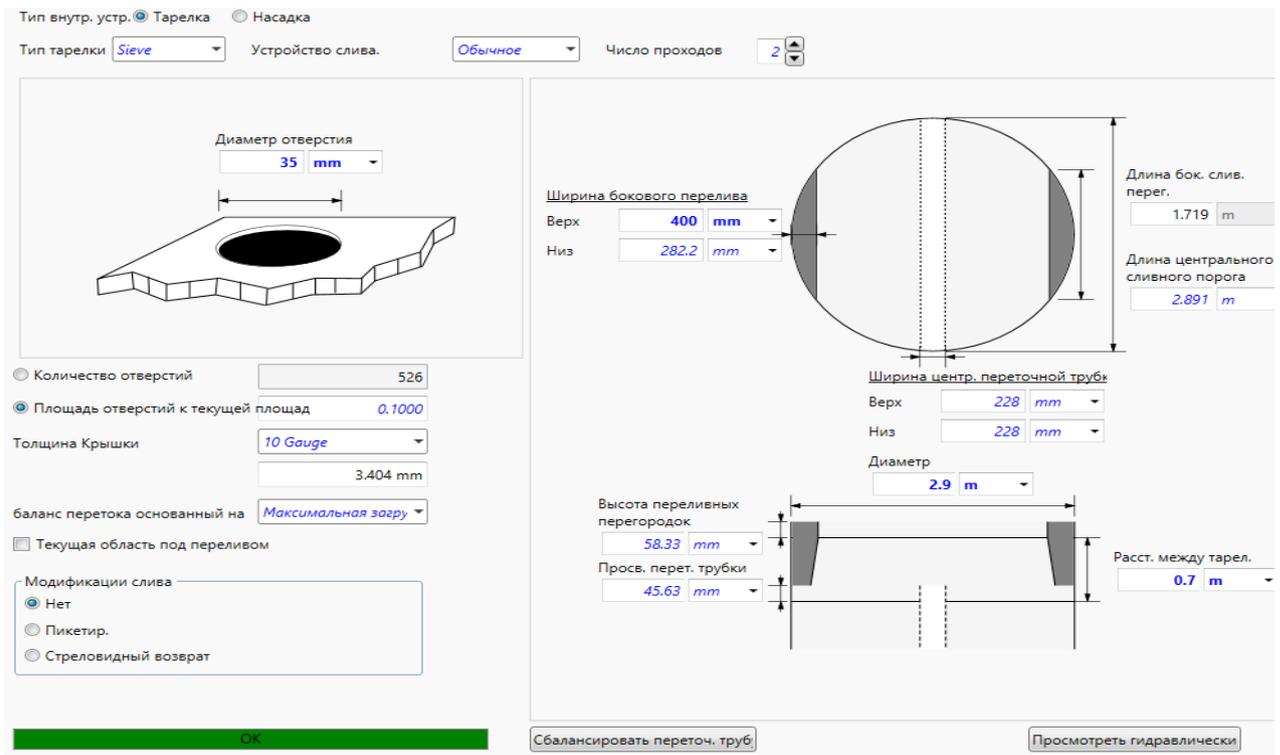


Рисунок 3.15 – Конструктивные параметры тарелок в нижней части колонны

В высоту цилиндрической части ректификационной колонны включили расстояние от дна до нижней тарелки, от верхней тарелки до крышки, расстояния между тарелками с учетом установки люков для технического обслуживания:

$$H_K = (n_T - n_L - 1) \cdot h_{м.т} + h_L \cdot n_L + h_{кон} + H_V + H_H \quad (3.1)$$

где $h_{м.т}$ – расстояние между тарелками, м;

n_T – общее число тарелок в колонне, шт;

$h_L = 0,8$ м – расстояние между тарелками в районе люка;

$n_L = 3$ – количества люков в тарельчатой части, шт;

$h_{кон} = 0,85$ м – высота конической части, эвапорационной зоны.

H_V и H_H – высота сепарационного пространства, и расстояние между верхней тарелкой и крышкой колонны между дном колонны и нижней тарелки, выбираем в соответствии с рекомендациями [8].

Тогда рабочая высота ректификационной колонны

а) верхней части колонны:

$$H_{к.в} = (7 - 1 - 1) \cdot 0,82 + 0,8 \cdot 1 + 1,5 = 6,4 \text{ м}$$

б) нижней части колонны:

$$H_{к.н} = (18 - 1) \cdot 0,7 + 0,85 + 2,5 = 15,25 \text{ м}$$

Таким образом мы получили основные конструктивные параметры аппарата:

а) для верхней части колонны:

- диаметр колонны, 2,4 м;
- расстояние между тарелками, 0,82 м;

б) для нижней части колонны:

- диаметр колонны, 2,9 м;
- расстояние между тарелками, 0,7 м;
- высота цилиндрической части колонны 21650 мм;
- тип тарелок ситчатые;
- число тарелок 25

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской программы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

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

Цель НИР – разработка модели технологической схемы установки фракционирования с колонной предварительного отбензивания и основной колонной в САПР Unisim Design.

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

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в

постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

В ходе исследования были рассмотрены 2 конкурирующие разработки модели установки ЭЛОУ-АТ:

1) Схема с одной сложной ректификационной колонной в атмосферном блоке (схема с однократным испарением и однократной ректификацией);

2) Схема с предварительным испарителем и ректификационной колонной (схема с двукратным испарением и однократной ректификацией).

Детальный анализ необходим, т.к. каждая модель имеет свои достоинства и недостатки. В таблице 4.1 показано сравнение разработки данного НИ с точки зрения технических и экономических критериев оценки эффективности.

Таблица 4.1 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Актуальность исследования	0,20	5	4	5	1,0	0,8	1,0
2. Повышение производительности	0,07	5	3	3	0,35	0,21	0,21
3. Энергоэкономичность	0,05	4	5	2	0,2	0,25	0,1
4. Простота изготовления	0,02	4	4	5	0,08	0,08	0,16
5. Безопасность	0,08	5	5	5	0,4	0,4	0,4
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность	0,18	5	4	4	0,9	0,72	0,72
2. Предполагаемый срок эксплуатации	0,12	4	3	5	0,48	0,36	0,6
3. Финансирование научной разработки	0,10	5	5	4	0,5	0,5	0,4
4.Срок выхода на рынок	0,06	4	4	3	0,24	0,18	0,24
5. Цена	0,12	3	5	5	0,36	0,6	0,6
Итого	1				4,51	4,1	4,43

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

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

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_j – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

4.1.2 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 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Наличие постоянного потребителя.	Сл1. Невысокий уровень заработной платы для молодых специалистов.
С2. Внедрение нового узла оборудования и совершенствования технологического процесса.	Сл2. Высокая степень износа оборудования.
С3. Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт работы в данной области.	Сл3. Долгий процесс внедрения усовершенствованного процесса.
С4. Безопасность технологии.	Сл4. Цена разработки.
С5. Длительный срок эксплуатации.	Сл5. Устаревшее оборудование.
Возможности	Угрозы
В1. Спрос на новые разработки.	У1. Выбор оптимального потребителя и заключение договорных отношений.
В2. Внедрение процесса на мировой рынок, экспорт за рубеж.	У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.
В3. Эффективное использование ресурсов производства	

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 4.3–4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	0	-
	B2	+	+	-	-	-
	B3	+	+	-	-	-

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

Слабые стороны проекта						
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	B1	-	-	+	+	-
	B2	-	-	-	-	0
	B3	-	-	-	-	-

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

Сильные стороны проекта						
Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	+	0	-	-	-
	У2	-	-	-	-	+

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

Слабые стороны проекта						
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
	У1	-	-	-	+	+
	У2	-	-	-	-	-

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Итоговая таблица SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>С1. Наличие постоянного потребителя.</p> <p>С2. Внедрение нового узла оборудования и совершенствования технологического процесса.</p> <p>С3. Наличие квалифицированного персонала, имеющего опыт работы в данной области.</p> <p>С4. Безопасность технологии.</p> <p>С5. Длительный срок эксплуатации.</p>	<p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта</p> <p>Сл1. Невысокий уровень заработной платы для молодых специалистов.</p> <p>Сл2. Высокая степень износа оборудования.</p> <p>Сл3. Процесс внедрения усовершенствованного процесса.</p> <p>Сл4. Цена разработки.</p> <p>Сл5. Устаревшее оборудование.</p>
<p>Возможности</p> <p>В1. Спрос на новые разработки.</p> <p>В2. Внедрение процесса на мировой рынок, экспорт за рубеж.</p> <p>В3. Эффективное использование ресурсов производства</p>	<p>Направления развития</p> <p>В1С1С2С3. Наличие постоянного потребителя, внедрение нового узла оборудования и наличие квалифицированного персонала соответствуют потенциальному спросу на новые разработки.</p> <p>В1В2С1С2. Наличие постоянного потребителя, внедрение нового узла оборудования являются основной внедрения процесса на мировой рынок, экспорт за рубеж и эффективным использованием ресурсов.</p>	<p>Сдерживающие факторы</p> <p>В1Сл3Сл4. Спрос на новые разработки ускорит процесс внедрения усовершенствованного процесса и повысит цену разработки.</p>
<p>Угрозы</p> <p>У1. Выбор постоянного потребителя и заключение договорных отношений.</p> <p>У2. Появление зарубежных аналогов и более ранний их выход на рынок.</p>	<p>Угрозы развития</p> <p>У1С1. Наличие постоянного потребителя замедляет процесс развития и снижает конкурентоспособность.</p> <p>У2С5. Длительный срок эксплуатации приводит к устареванию технологий, что дает конкурентам раньше выводить аналоги на рынок.</p>	<p>Уязвимости</p> <p>У1Сл1Сл2. Выбор постоянного потребителя снижает цену разработки и не происходит модернизация оборудования.</p>

В результате SWOT-анализа показано, что преимущества разрабатываемой технологии преобладают над ее недостатками. Данные

недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

4.2 Планирование научно-исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – 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 работ	Инженер, научный руководитель
Выбор направления исследований	3	Изучение литературы, составление литературного обзора	Инженер
	4	Патентный список	Инженер
	5	Выбор методов исследования	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Планирование разработки исследования	Инженер, научный руководитель
	7	Разработка модели	Инженер

Продолжение таблицы 4.8

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:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{мин}i} + 2t_{\text{макс}i}}{5}, \quad (4.2)$$

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

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

$t_{\text{макс}i}$ – 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.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.3)$$

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 (4.3):

$$T_{ki.инж} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4.4)$$

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:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.5)$$

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 4.9.

Таблица 4.9 – 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
1. Составление и утверждение технического задания, утверждение плана-графика	3	-	6	-	4,2	-	4,2	6
2. Календарное планирование выполнения работ	1	3	3	6	1,8	4,2	3,0	4

Продолжение таблицы 4.9

3. Изучение литературы, составление литературного обзора	-	5	-	10	-	7,0	7,0	10
4. Патентный список	-	3	-	5	-	3,8	3,8	6
5. Выбор методов исследования	-	5	-	8	-	6,2	6,2	9
6. Планирование разработки исследования	3	6	6	8	4,2	6,8	5,5	8
7. Разработка модели	-	19	-	24	-	21	21	31
8. Обработка полученных данных	-	12	-	14	-	12,8	12,8	18
9. Оценка правильности полученных результатов	3	3	5	5	3,8	3,8	3,8	5
10. Составление пояснительной записки	-	10	-	12	-	10,8	10,8	15
Итого:					14	76,4	78,1	112

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

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 4.10).

Таблица 4.10 – 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	6	█											
2	Календарное планирование выполнения работ	Исп1 Исп2	4	█											
3	Изучение литературы, составление литературного обзора	Исп2	10		█										
4	Патентный список	Исп2	6			█									
5	Выбор методов исследования	Исп2	9				█								
6	Планирование разработки исследования	Исп1 Исп2	8				█	█							

Продолжение таблицы 4.10

№	Вид работ	Исп	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7	Разработка модели	Исп2	31												
8	Обработка полученных данных	Исп2	18												
9	Оценка правильности полученных результатов	Исп1 Исп2	5												
10	Составление пояснительной записки	Исп2	15												

Примечание:

 – Исп. 1 (научный 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-исследовательской работы (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 НИР.

4.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

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

Данная часть включает затрат всех материалов на разработку модели технологической схемы установки фракционирования с колонной

предварительного отбензивания и основной колонной в САПР Unisim Design. Результаты расчета затрат представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.11 – Затраты на разработку модели

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Бумага А4	2 960	1	2 960
Комплекс канцелярских принадлежностей	340	3	1 020
Картридж для лазерного принтера	3 490	1	3 490
Итого:			7 470

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

При выполнении научно-исследовательского проекта использовался ПЭВМ - Lenovo. Срок полезного использования данного ноутбука по паспорту составляет 5 лет.

Таблица 4.12 - Затраты на оборудование

№	Наименование оборудования	Кол-во, шт.	Срок полезного использования, лет	Цены единицы оборудования, тыс. руб.	Общая стоимость оборудования, тыс. руб.
1	ПЭВМ	1	5	50	50
Итого		50 тыс. руб.			

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации определяется по следующей формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.6)$$

где n – срок полезного использования в годах.

Амортизация определяется по следующей формуле:

$$A = \frac{H_A I}{12} \cdot m, \quad (4.7)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.;

m – время использования, мес.

Рассчитаем норму амортизации для ноутбука, с учётом того, что срок полезного использования составляет 5 лет:

$$N_A = \frac{1}{n} = \frac{1}{5} = 0,2 \quad (4.8)$$

Общую сумму амортизационных отчислений находим следующим образом:

$$A = \frac{N_A I}{12} \cdot m = \frac{0,2 \cdot 50000}{12} \cdot 3,7 = 3083 \text{ руб.}$$

4.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и научного 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:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (4.9)$$

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 научного руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_o} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (4.10)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

F_{∂} – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{\partial} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.} \quad (4.11)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_{\partial}) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$Z_m = Z_{mc} \cdot (1 + k_{np} + k_{\partial}) k_p = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (4.13)$$

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 4.13 – 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 4.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$Z_{мс}, руб$	$k_{пр}$	$k_{д}$	$k_{р}$	$Z_{м}, руб$	$Z_{он}, руб$	$T_{р}, раб.дн.$	$Z_{осн}, руб$
Научный руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	14,0	30062,2
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	76,4	133172,8
Итого:								163 235

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для научного руководителя:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 30062,2 = 4509,3$$

– для инженера:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} = 0,15 \cdot 133172,8 = 19975,9$$

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

4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для научного руководителя:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (30062,2 + 4509,3) = 10371,45$$

– для инженера:

$$Z_{внеб} = k_{внеб} (Z_{осн} + Z_{доп}) = 0,3 \cdot (133172,8 + 19975,9) = 45944,61$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2020 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

4.3.5 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя следующие расходы: печать ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи и т.д. Сумма 5 статьи затрат, рассчитанных выше, приведена в таблице ниже и используются для расчета накладных расходов.

Таблица 4. 15 – Группировка затрат 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
3083	7470	163235	24485	56316	254589

Величина накладных расходов определяется по формуле :

$$Z_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{пр}, \quad (4.14)$$

где $k_{пр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,2.

На основании полученных данных по отдельным статьям затрат составляется калькуляция плановой себестоимости НИ «Разработка модели технологической схемы установки фракционирования с колонной предварительного отбензивания и основной колонной в САПР Unisim Design» по форме, приведенной в таблице 4.16.

В таблице также представлено определение бюджета затрат двух конкурирующих научно-исследовательских проектов.

Таблица 4.16 – Группировка затрат по статьям

№	Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
		Текущий Проект	Исп.2	Исп.3	
1	Материальные затраты НИР	7470	5400	11232	Пункт 4.2.3.1
2	Затраты на специальное оборудование	3083	21487	42478	Пункт 4.2.3.2
3	Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	163235	158391	148391	Пункт 4.2.3.3

Продолжение таблицы 4.16

4	Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	24485	22258,7	22258,7	Пункт 4.2.3.3
5	Отчисления во внебюджетные фонды	56316	51194,9	51194,9	Пункт 4.2.3.4
6	Накладные расходы	50917,8	51746,3	55110,92	Пункт 4.2.3.5
Бюджет затрат НИР		305506,8	310477,92	330665,52	Сумма ст. 1- 6

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) Схема с одной сложной ректификационной колонной в атмосферном блоке (схема с однократным испарением и однократной ректификацией);
- 2) Схема с предварительным испарителем и ректификационной колонной (схема с двукратным испарением и однократной ректификацией).

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.15)$$

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

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{тек.проект} = 305506,80$ руб, $\Phi_{исп.2} = 310477,92$ руб, $\Phi_{исп.3} = 330665,52$ руб.

$$I_{финр}^{тек.пр.} = \frac{\Phi_{тек.пр.}}{\Phi_{max}} = \frac{305506,8}{330665,52} = 0,92$$

$$I_{финр}^{тек.пр.} = \frac{\Phi_{исп.2}}{\Phi_{max}} = \frac{310477,92}{330665,52} = 0,94$$

$$I_{финр}^{тек.пр.} = \frac{\Phi_{исп.3}}{\Phi_{max}} = \frac{330665,52}{330665,52} = 1$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по трем вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан 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 4.17).

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,3	5	4	4
2. Стабильность работы	0,2	4	4	5
3. Технические характеристики	0,2	5	4	5
4. Механические свойства	0,15	4	3	3
5. Материалоёмкость	0,15	5	3	3
ИТОГО	1	4,5	3,9	4,1

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p1} = 0,3 \cdot 5 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 = 4,5$$

$$I_{p2} = 0,3 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 = 3,9$$

$$I_{p3} = 0,3 \cdot 4 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 = 4,1$$

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

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финп.i}} \quad (4.20)$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.18).

Таблица 4.18 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,92	0,94	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	3,9	4,1
3	Интегральный показатель эффективности	5,29	4,33	4,10
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,82	0,78

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.

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 календарных дней для выполнения работ составляет 112 дней; общее количество дней, в течение которых работал инженер, составляет 93 дня; общее количество дней, в течение которых работал научный руководитель, составляет 19 дней;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 305506,80 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 4,5, по сравнению с 3,9 и 4,1;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,29, по сравнению с 4,33 и 4,10, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

5 Социальная ответственность

Введение

Цель выпускной квалификационной работы – это повышение эффективности работы установки ЭЛОУ-АТ, которая производилась в системе автоматизированного проектирования Unisim Design.

Областью применения является нефтяная промышленность. Объектом исследования является установка ЭЛОУ-АТ, которая входит в состав Яйского нефтеперерабатывающего завода (НПЗ) в Кемеровской области и предназначена для переработки углеводородного сырья с целью получения продуктов первичной перегонки (углеродных фракций) – сырья установок гидроочистки бензина, риформинга, изомеризации, замедленного коксования и других термokatалитических процессов, а также продуктов вакуумной дистилляции – вакуумного газойля, легкую вакуумную фракцию и гудрона.

Рабочее место оператора установки является: помещение операторной размерами (20*30 м), где осуществляется дистанционный контроль корректных параметров установки ЭЛОУ-АТ и ее управление. Установка ЭЛОУ-АТ состоит из следующих технологических блоков:

- блок ЭЛОУ, предназначенный для обессоливания и обезвоживания сырой нефти;
- блок АТ, предназначенный для фракционирования нефти на нефтяные фракции и стабилизации широкой фракции легких углеводородов, где проводится плановый обход, во время которого возможен ручной контроль параметров процесса, если потребуется [28].

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В нефтяной промышленности оператор, работающий на установке ЭЛОУ-АТ подвергается влиянию ряда неблагоприятных факторов и относится к 2 классу труда[27].

Специальная оценка условий труда является единым комплексом последовательно осуществляемых мероприятий по идентификации вредных и (или) опасных факторов производственной среды и трудового процесса и оценке уровня их воздействия на работника с учетом отклонения их фактических значений от установленных уполномоченным Правительством Российской Федерации федеральным органом исполнительной власти нормативов (гигиенических нормативов) условий труда и применения средств индивидуальной и коллективной защиты работников [26]. По результатам проведения специальной оценки условий труда устанавливаются классы (подклассы) условий труда. Согласно трудовому кодексу РФ и федеральному закону РФ «О специальной оценке условий труда» работникам 2 класса труда предусматриваются:

1. В соответствии с ч. 1 ст. 213 ТК РФ персонал операторной проходит обязательные предварительные и периодические медицинские осмотры для определения пригодности выполнения поручаемой работы и предупреждения профессиональных заболеваний. В соответствии с медицинскими рекомендациями указанные работники проходят внеочередные медицинские осмотры.

2. В соответствии с законодательством на работах с вредными и или опасными условиями труда, а также на работах, связанных с загрязнением, работодатель обязан бесплатно обеспечить выдачу сертифицированных средств индивидуальной защиты согласно действующим типовым отраслевым нормам бесплатной выдачи работникам спецодежды, специальной обуви и других средств индивидуальной защиты.

3. Защита передаваемых персональным данным работодателю, от неправомерного их использования или утраты.

4. Здоровые и безопасные условия труда. В качестве минимальных требований к условиям труда принимаются требования, установленные законодательством о труде. Своевременную выплату заработной платы в соответствии с квалификацией и сложностью труда.

5. Обязательное медицинское страхование и обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в порядке и на условиях, установленных для работников действующим законодательством РФ.

6. Ущерб, нанесенный работнику увечьем либо иным повреждением здоровья, связанным с использованием им своих трудовых обязанностей, подлежит возмещению [26].

Рабочей зоной является помещение операторной и места расположения технологического оборудования. Организация и конструкция автоматизированного рабочего оператора должны обеспечивать возможность быстрого и безошибочного восприятия информации, создание удобства пользования органами управления, комфортных условий. Эргономические требования для операторной:

- Отсутствие лишних объектов, они будут отвлекать и мешать процессу труда. Загромождение рабочего пространства недопустимо.
- Нужные вещи должны находиться на расстоянии вытянутой руки. Достаточность места дает возможность двигаться без препятствий.
- При работе с документами, для их хранения лучше использовать специальные подставки, так как необходимо иметь уголок простора для непосредственной работы.
- Рабочее оборудование должно соответствовать технике безопасности и быть удобным.
- Монитор устанавливается напротив оператора и не должен требовать поворота головы.
- Посадочное место должно находиться так, чтобы уровень глаз оператора находился немного выше центра монитора.
- Ноги оператора должны спокойно стоять на полу, если это не соблюдено, необходимо установить подставку под них.

- Клавиатура должна располагаться так, чтобы пальцы на ней не были в напряжении.
- При работе мышкой, рука должна лежать устойчиво. Локоть руки или хотя бы запястье должны иметь твердую опору[26].

Согласно ГОСТ 12.2.032 -78 помещение операторной соответствуют нормам.

5.2 Производственная безопасность

В условиях работы в операторной на НПЗ к вредным и опасным относятся факторы, представленные в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Возможные опасные и вредные производственные факторы на рабочем месте оператора ЭЛОУ- АТ

Факторы	Нормативные документы
Микроклимат рабочей зоны	ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 N 3388) (ред. от 20.06.2000) Утвержден[29].
Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95 [30].
Повышенный уровень шума	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности [31].
Повышенный уровень вибрации	ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования[32].
Химические вещества	ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие

Продолжение Таблицы – 5.1

	требования безопасности [33].
Большое давление	РД 24.200.11-90 Сосуды и аппараты, работающие под давлением. Правила и нормы безопасности при проведении гидравлических испытаний на прочность и герметичность [34]
Поражение электрическим током при выходе из строя заземления токоведущих частей электрооборудования или пробоя электроизоляции	ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов [35].

Микроклимат рабочей зоны. Микроклимат производственных помещений — это климат внутренней среды этих помещений, который определяется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

Микроклимат влияет на процесс теплообмена и характер работы. Он характеризуется температурой воздуха, его влажностью и скоростью движения, а также интенсивностью теплового излучения.

Отклонения вышеуказанных факторов от нормы ведет к быстрой утомляемости организма и снижению производительности труда. Так как работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением.

Оптимальные параметры микроклимата для категории Ib [29] - работы, производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением [29]:

1. Температура воздуха в холодный и переходный период времени должна быть 21 – 23°C, в тёплый период 22 – 24°C;
2. Влажность воздуха не должна превышать 40 – 60%;
3. Скорость движения воздуха 0,1 м/с.

В операторной создание микроклимата обеспечивается работой приточной вытяжной вентиляцией, также в холодный период года следует применять средства защиты рабочих мест от охлаждения вблизи остекленных поверхностей оконных проемов, в теплый период года - от попадания прямых солнечных лучей.

Отсутствие или недостаток необходимого естественного и искусственного освещения. Еще одним вредным фактором является недостаточная освещенность рабочих мест. Специфика обеспечения надлежащей освещенности в помещениях заключается в том, что работы на НПЗ осуществляются круглосуточно, а значит, необходимо поддерживать баланс между естественным и искусственным освещением.

Требования к освещению рабочих мест зафиксированы в СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [30].

Естественная освещенность в дневное время суток в операторной составляет 1,5%, в насосной – 0,2%, поэтому установлены окна, которые обеспечивают необходимое освещение, и при этом устойчивые к вибрационному воздействию. Для искусственного освещения нормируется параметр – освещенность. В таблице 5.2 представлены нормы искусственной освещенности на рабочем месте оператора ЭЛОУ-АТ.

Таблица 5.2 – Нормы искусственной освещенности на рабочем месте оператора ЭЛОУ-АТ

Источник света	Мощность источника света в помещении, лк	
	Операторная	Насосная
Лампы дневного света	200	50
Лампы накаливания	150	20

Для работы в ночное время на НПЗ дополнительно используются светильники с напряжением не выше 12 В во взрывозащищенном исполнении[30].

К производственному освещению предъявляются следующие санитарно-гигиенические требования:

- оптимальный состав спектра, приближенный к солнечному;
- соответствие освещенности на рабочих местах нормативным значениям;
 - равномерность освещенности и яркости рабочей поверхности, в том числе и во времени;
 - отсутствие резких теней на рабочей поверхности и блескости предметов в пределах рабочей зоны;
- оптимальная направленность;
 - применение одного местного освещения, так как возникает необходимость частой переадаптации зрения [30].

Плохое и неравномерное освещение приводит к снижению зрительных функций, повышается уровень утомляемости, что отрицательно влияет на общую работоспособность персонала.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в рабочих помещениях проводится чистка стекол оконных рам и светильников два раза в год и своевременная замена перегоревших ламп.

Повышенный уровень шума. Следующим важным вредным фактором, имеющим место на НПЗ в Кемеровской области, является высокий уровень шумового загрязнения, являющийся следствием работы высокопроизводительного насосного оборудования, различных технологических установок.

Требования по допустимому уровню звукового давления, звука и эквивалентных уровней звука выполняются в соответствии с [31], согласно которому уровень звука на НПЗ не превышает 80 дБА. Вредное воздействие шума проявляется в прогрессирующем понижении слуха, что приводит к профессиональной глухоте; появляются головные боли, повышенная утомляемость; также может понижаться иммунитет человека.

В случае повышенного шумового фона (более 80 дБА) в помещениях насосных, установках и на НПЗ операторы, осуществляющие ремонт и

обслуживание оборудования, должны работать в антифонах [31]. При работе на насосной станции применяются средства индивидуальной защиты – заглушки, наушники [31].

К средствам коллективной защиты относятся борьба с шумом в источнике его образования (то есть за счет создания малошумного оборудования и использования его в технологическом процессе производства) и борьба с шумом на пути его распространения (звукопоглощающие устройства, глушители). Второй путь используется тогда, когда на основе известных и технически осуществимых методов снизить уровень шума на данном этапе не представляется возможным.

Повышенный уровень общей вибрации. Производственным источником общей вибрации является установка ЭЛОУ-АТ вращательного действия, включающая в себя насосно-компрессорное оборудование [32].

Высокая вибрация отрицательным образом сказывается на опорно-двигательном аппарате, на нервной системе; происходит уменьшение иммунитета и опущение органов брюшной полости и малого таза, что вызывает нарушение их функций, и в первую очередь - желудочно-кишечного тракта. Для снижения вибраций оборудование и приборы установлены на фундаменты и амортизирующие прокладки, описанные в нормативных документах.

Вибрационную безопасность планируется обеспечивать:

- установкой основного оборудования на фундаменты, исключая резонансные явления;
- соблюдением технологического процесса и правил эксплуатации оборудования, предусмотренных нормативно-технической документацией;
- использованием средств индивидуальной защиты персонала.

Химические вещества. На НПЗ происходит выделение химических веществ.

Принятие мер предосторожности при работе с химическими веществами с учетом особенностей действия на организм человека химических веществ, применяемых в процессе работы:

- Пары углеводородов. Пары углеводородов поступают в организм человека, главным образом, через дыхательные пути. При легких отравлениях наблюдается период возбуждения (болтливость, беспричинная веселость), затем наступают головная боль, сонливость, головокружение, усиленное сердцебиение, тошнота. При тяжелых отравлениях парами углеводородов наступают потеря сознания, судороги, ослабление дыхания. ПДК - 300 мг/м³[33].

- Азот, используемый для технологических нужд, - бесцветный газ, не ядовит, не взрывоопасен. При вдыхании вызывает кислородное голодание, удушье, смерть[8]. ПДК – 0,4 мг/м³[33].

Чтобы не нанести вреда здоровью работника, которые приведены выше. Нужно применять на установке ЭЛОУ-АТ на НПЗ средства индивидуальной защиты, такие как респиратор, перчатки, спец.одежда и т.д.

Большое давление. При осуществлении различных технологических процессов, проведении ремонтных работ широко распространены различные системы повышенного давления. Основной характеристикой этого оборудования является то, что давление газа или жидкости в нем превышает атмосферное.

Основное требование к этим сосудам – соблюдение их герметичности на протяжении всего периода эксплуатации.

Любое оборудование, работающее под давлением, всегда представляет перед собой потенциальную опасность, которая при определенных условиях может трансформироваться в явную форму и повлечь тяжелые последствия. Взрыв установки, работающей под давлением.

При взрыве может произойти разрушение здания, в котором расположена установка, а также травмирование персонала разлетающимися осколками оборудования. С целью снижения влияния данного опасного фактора используют СИЗ (специальная одежда и обувь, каски, защитные очки) [34].

Поражение электрическим током при выходе из строя заземления токоведущих частей электрооборудования или пробоя электроизоляции. Электробезопасность установки должна обеспечиваться в любых возможных нормальных и аварийных эксплуатационных ситуациях. Источниками электрической опасности могут являться:

- оголенные части проводов или отсутствие изоляции;
- отсутствие заземления;
- замыкания;
- статическое напряжение.

Электробезопасность оператора должна обеспечиваться выполнением следующих мероприятий:

1. Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей или путем закрытия;
2. Ограждения токоведущих частей;
3. Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
4. Применение предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;
5. Применение устройств для снижения напряженности электрических и магнитных полей до допустимых значений;
6. Использование средств защиты и приспособлений, в том числе для защиты от воздействия электрического и магнитного полей в электроустановках, в которых их напряженность превышает допустимые нормы.

Согласно [35], проведен контроль напряжений прикосновения и токов в местах, где может произойти замыкание электрической цепи через тело человека. Класс точности измерительных приборов не ниже 2,5.

Согласно правилам защиты от статического электричества в производствах химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности для предупреждения возможности возникновения опасных искровых разрядов с поверхности оборудования, перерабатываемых веществ, а

также с тела человека необходимо предусматривать, с учетом особенностей производства, следующие меры, обеспечивающие стекание возникающих зарядов статического электричества:

- отвод зарядов путем заземления оборудования и коммуникаций, а также обеспечения постоянного электрического контакта с заземлением тела человека;
- отвод зарядов путем уменьшения удельных объемных и поверхностных электрических сопротивлений;
- нейтрализация зарядов путем использования радиоизотопных, индукционных и других нейтрализаторов.

5.3 Экологическая безопасность

Защита селитебной зоны. В случае разгерметизации оборудования возможен разлив нефти на территории. Для предупреждения развития аварии и локализации выходов нефти приняты инженерно-технические решения и проводятся следующие организационно-технические мероприятия:

- 1) обвалование площадок, где возможен разлив продукта;
- 2) между технологическими блоками имеются отсекающие задвижки;
- 3) при отклонениях технологического режима предусмотрены звуковая сигнализация и блокировка, которые срабатывают при превышении заданных параметров;
- 3) проводится ежедневный осмотр оборудования;
- 4) установка дренажных емкостей для сбора возможных разливов.

Защита атмосферы. Нормативы предельно-допустимых выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух установлены «Проектом нормативов предельно допустимых выбросов (ПДВ) загрязняющих веществ в атмосферу для объектов Яйского НПЗ в Кемеровской области. В таблице 5.3 приведены объемы загрязняющих выбросов в атмосферу.

Таблица 5.3 - Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу

Наименование загрязняющего вещества	Валовой выброс загрязняющего вещества, т/год
Смесь углеводородов предельных C1-C5	421,826
Смесь углеводородов предельных C6-C10	20,896

С целью охраны воздушного бассейна выполняются следующие технологические мероприятия, обеспечивающие минимальные выбросы вредных веществ в атмосферу:

- полная герметизация оборудования;
- оснащение предохранительными клапанами всей аппаратуры, в которой может возникнуть давление, превышающее расчётное, с учётом требований[9]

Защита гидросферы. Известно, что сброс сточных вод является самым массовым источником загрязнения гидросферы как по количеству, так и по видам загрязняющих веществ, поэтому одной из основных экологических задач является минимизация поступления токсичных веществ со сточными водами предприятий нефтехимического комплекса.

Должны соблюдаться требования нормативных актов, регулирующих отношения в области охраны водных ресурсов.

Защита литосферы. Основное воздействие работы НПЗ на литосферу происходит от захоронения отходов (кислый гудрон, раствор щелочей, отработанные катализаторы).

При этом должны соблюдаться требования нормативных правовых актов, регулирующих отношения в области охраны земельных ресурсов и недр в соответствии с законами.

При эксплуатации НПЗ должна вестись работа по охране земель от загрязнения, а также обеспечиваться рекультивация деградированных и загрязнённых земель.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

При осуществлении различных технологических процессов широко распространены различные системы повышенного давления, к которым относится следующее оборудование: трубопроводы, баллоны и емкости для хранения или перевозки сжатых, сжиженных и растворенных газов, паровые и водяные котлы, газгольдеры и др. Основной характеристикой этого оборудования является то, что давление газа или жидкости в нем превышает атмосферное. Это оборудование принято называть сосудами, работающими под давлением[34].

Основное требование к этим сосудам - соблюдение их герметичности на протяжении всего периода эксплуатации. Герметичность - это непроницаемость жидкостями и газами стенок и соединений, ограничивающих внутренние объемы сосудов, работающих под давлением [34]. Кроме этих сосудов требования по герметичности обязательны и для вакуумных установок и оборудования. Любые сосуды, работающие под давлением, всегда представляют собой потенциальную опасность, которая при определенных условиях может трансформироваться в явную форму и повлечь тяжелые последствия.

Опасность зависит от свойств веществ, находящихся в оборудовании, работающем под давлением. Так, может произойти воспламенение жидкости или взрыв паров, если в разгерметизированной установке находились вещества с высокой или низкой температурой, а также агрессивные вещества.

Таким образом, для обеспечения безопасности персонала, обслуживающего сосуды под давлением, весьма важно, чтобы эксплуатируемое оборудование сохраняло герметичность.

С угрозой возникновения ЧС необходима разработка организационных и инженерно-технических мер по уменьшению опасности, устранению и информированию, и защите населения при чрезвычайных ситуациях.

Организационные мероприятия:

- планирование защиты населения и территорий от ЧС на уровне предприятия;
- подготовка и поддержание в постоянной готовности сил и средств для ликвидации ЧС;
- создание запасов средств индивидуальной защиты и поддержание их в готовности;
- наличие и поддержание в постоянной готовности системы общего оперативного и локального оповещения и информации о ЧС[36].

Пожары классифицируются по виду горючего материала. При разгерметизации происходит выброс горючих веществ – газов, вследствие, класс возможного пожара С, а также жидкости - класс пожара В[37].

В качестве пожарной техники эксплуатируются стационарные установки пожаротушения. Система автоматического пенного пожаротушения – это совокупность специального оборудования, пенообразователя и технологии, позволяющей транспортировать воздушно-механическую пену средней кратности к защищаемым объектам. В качестве первичных средств пожаротушения используют переносные и передвижные огнетушители порошковые, покрывала для изоляции очагов возгорания, пожарный инвентарь (багры, лопаты, ломы).

Вывод по разделу социальная ответственность

В данном разделе выпускной квалификационной работы были рассмотрены вредные и опасные производственные факторы на Яйском НПЗ, предложены меры по предотвращению или ограничению их влияния на человека и окружающую среду, а также нормативные документы, регулирующие их воздействие на человека.

Были описаны мероприятия по снижению уровня воздействия этих факторов, влияние технологического процесса на экологическую безопасность.

Также были выявлены возможные виды аварийного состояния объекта, поэтому предусмотрены способы их устранения.

Фактические значения соответствует нормативным требованиям согласно:

- N 426 - ФЗ "О специальной оценке условий труда", условия труда на установке ЭЛОУ-АТ (2 класс) по СанПиН 1.2.3685-21 предельно допустимая концентрация для нефти к воздуху рабочей зоны - 300 мг/м³;

- Разделу 1 п.1.13 правил устройства электроустановок (ПУЭ) помещение операторной относится к первому классу - "помещения без повышенной опасности";

- Приказу Минтруда России №903н «Об утверждении Правил по охране труда при эксплуатации электроустановок» п.2.3 персонал операторной относится к I группе по электробезопасности (неэлектротехнический персонал);

- СОУТ категория помещения (операторной) по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Б;

- постановлению «Об утверждении критериев отнесения объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к объектам I, II, III и IV категорий (с изменениями на 7 октября 2021 года)» согласно разделу 2 п.17 относится к объектам II категории оказывающих умеренное негативное воздействие на окружающую среду.

Заключение

В ходе выполнения ВКР был проведён литературный обзор современных подходов к повышению эффективности схем фракционирования нефти, а также рассмотрены наиболее эффективные контактные устройства, современные присадки и реагенты. Для моделирования и расчётов технологической схемы использовалась САПР Unisim Design. Изучен функционал Unisim Design.

Разработана математическая модель установки фракционирования нефти с колонной предварительного отбензинивания с использованием САПР Unisim Design. Предложен и рассчитан вариант рекуперации тепла, при реализации которого возможно снизить нагрузку печи подогрева нефти на 47,2%.

Выполнен гидравлический расчет и анализ тарельчатой колонны, в результате чего были определены геометрические размеры колонны, конструктивные параметры тарелок, а также проведена проверка устойчивости и работоспособности контактных тарелок при определенных нагрузках по пару и жидкости.

Список использованных источников

- 1) Мановян А.К. Технология первичной переработки нефти и природного газа. Учебное пособие для вузов. 2-е изд. [Текст]– М., Химия, 2011.
- 2) Корж А.Ф., Хорошко С.И. Установка первичной переработки нефти[Текст] / Методические указания.../. – Новополюцк: ПГУ, 2010.
- 3) 15.X.Y. You, Z. S. Yang, 2003, Estimating the Relative Tray Efficiency of Sieve Distillation Trays by Applying Artificial Neural Networks.
- 4) Leffler, William L, Petroleum Refining in Nontechnical Language — 4th ed., 2008, pp. 280.
- 5) Emtir M, Rev E, Fonyo Z. Rigorous simulation of energy integrated and thermally coupled distillation schemes for ternary mixture. Appl Therm Eng 2001; 21:1299-317.
- 6) Engeliien HK, Skogestad S. Selecting appropriate control variables for a heatintegrateddistillation system with prefractionator. Comput Chem Eng 2004; 28:683-91.
- 7) Fidkowski, Z. and L. Krolikowski, «Minimum Energy requirements of Thermally Coupled Distillation Systems», AIChE Journal, Vol. 33, Number 4, April1987.
- 8) Ахметов, С.А. Технология глубокой переработки нефти и газа : учебное пособие [Текст] / С.А. Ахметов, М.Х. Ишмияров, А.А. Кауфман. –СПб : Недра, 2009.
- 9) Лapidус, А.Л. Газохимия : учебное пособие для подготовки дипломированных специалистов по направлению Химическая технология органических веществ [Текст] / А. Л. Лapidус, И. А. Голубева, Ф. Г. Жагфаров. –М. : ЦентрЛитНефтеГаз, 2008.
- 10) Тимошенко А.В., Анохина Е.А., Рудаков Д.Г., Тимофеев В.С., Тациевская Г.И, Матюшенкова Ю.В. Энергосбережение в ректификации с использованием комплексов со связанными потоками. Вестник МИТХТ, 2011, т.6, № 4.

11) Вержичинская С.В. Химия и технология нефти и газа [Текст] / под ред. С.В. Вержичинская- Москва.: Форум Инфа М 2008.

12) Писаренко В. Н., Писаренко Е. В., Саркисов П. Д. К разработке инновационных технологий получения высококачественных моторных топлив и ключевых продуктов нефтехимического синтеза // Вестник Казанского технологического университета. - № 2, 2007.

13) Морозов В.А., Луговской А.И., Степанников С.В., Киевский В.Я., Ямпольская М.Х. Способ первичной перегонки нефти. Патент RU 2401296, 2009.

14) Григорян Л.Г., Шафрановский Е.Л., Прохоренко Ф.Ф. и др. Проблемы и перспективы ректификации в нефтепереработке // Тез. докл. VI Всероссийской конф. По теории и практике ректификации. – Северодонецк,1991.

15) Патент № 2484122. РФ. Способ перегонки нефти. [Текст] / Мнушкин И.А, Гасанова О.И. – 2012110713/04; заяв. 20.03.12; опуб. 10.06.13.

16) Ясавеев Х.Н., Лаптев А.Г., Фарахов М.И. Модернизация установок переработки углеводородных смесей. Казань: ФЭН, 2004.

17) Бальчугов А.В., Бадеников А.В., Кузора И.Е. Каскадная тарелка. Патент RU 2526381, 2014.

18) Патент № 2602118. РФ. Регулярная насадка для тепло- и массообменных процессов. [Текст] / Бальчугов А.В, Андреев М.В, Бадеников А.В, Кузора И.Е. – 2015128428/05; заяв. 13.07.15; опуб.10.11.16.

19) Патент № 2599400. РФ. Многопоточная контактная тарелка. [Текст] /Бахшиян Д.Ц, Списов С.В, Елистратов А.В, Лаухин Ю.А. – 2015116917/05; заяв. 05.05.15; опуб. 10.10.16.

20) Патент № 2 394 873. РФ. Способ интенсификации процесса первичной перегонки.. [Текст] /Рогалев М. С, Магарил Р.З.- 2008133084/04; заяв.11.08.2008; опуб. 20.07.2010.

21) Патент № 2483095. РФ. Способ перегонки нефти. [Текст] / Ташилина В.П, Ташилин П.Л, Гитинов М.А. -2011135918/04; заяв. 30.08.2011; опуб. 10.03.2013

22) Кравцов А.В., Самборская М.А., Вольф А.В., Митянина О.Е. Основы проектирования процессов переработки природных энергоносителей: Учебное пособие для вузов. – Томск: издательство ТПУ, 2010.

23) Информационные технологии в нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс]: - режим доступа [www.ugatu.su/media/uploads/MainSite / Ob%20 universitete/Izdateli/El_izd/2021-168.pdf](http://www.ugatu.su/media/uploads/MainSite/Ob%20universitete/Izdateli/El_izd/2021-168.pdf).

24) UniSim®Design Suite // [Электронный ресурс]: Honeywell URL: https://www.honeywellprocess.com/en-US/online_campaigns/unisimdesign/Pages/index.html#

25) Honeywell_UniSim_Design // [Электронный ресурс]: http://www.tadviser.ru/index.php/project:Honeywell_UniSim_Design.com.

26) Федеральный закон от 28.12.2013 N 426-ФЗ (ред. от 30.12.2020) "О специальной оценке условий труда" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2021).

27) "Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств. ПБЭ НП-2001"(утв. Минэнерго РФ 11.12.2000).

28) Технологический регламент установки ЭЛОУ-АВТ Яйского НПЗ [Текст]. – пос. Станция Судженка, 2012. – 284 с.

29) ГОСТ 12.1.005-88. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" (утв. и введен в действие Постановлением Госстандарта СССР от 29.09.1988 N 3388) (ред. от 20.06.2000) Утвержден.

30) СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95.

31) ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.

32)ГОСТ 12.1.012-2004 ССБТ. Вибрационная болезнь. Общие требования.

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

34)РД 24.200.11-90 Сосуды и аппараты, работающие под давлением. Правила и нормы безопасности при проведении гидравлических испытаний на прочность и герметичность.

35)ГОСТ 12.1.038–82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;

36) ГОСТ Р 22.0.01-2016 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

37) ПБЭ НП-2001. Правила безопасной эксплуатации и охраны труда для нефтеперерабатывающих производств.