



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

Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
ООП Химическая технология переработки нефти и газа  
Отделение химической инженерии

### ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА БАКАЛАВРА

Тема работы
Совершенствование технологии атмосферной перегонки нефти методом математического моделирования

УДК 665.63.048.3-986

Обучающийся:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Смирнов Андрей Сергеевич		

#### Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Митянина О.Е.	к.т.н.		

#### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН	Рыжакина Т. Г.	к.э.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООТД	Сечин А.А.	к.т.н.		

#### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП, должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Е.А	к.т.н.		

Томск – 2023 г.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП  
«Химическая технология переработки нефти и газа»  
(направление подготовки 18.03.01 «Химическая технология»)**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
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 языке Российской Федерации 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
УК(У)-9	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
ОПК(У)-1	Способен и готов использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности
ОПК(У)-2	Готов использовать знания о современной физической картине мира, пространственно-временных закономерностях, строении вещества для понимания окружающего мира и явлений природы
ОПК(У)-3	Готов 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	Владеет пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознанием опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способностью соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны
ОПК(У)-5	Владеет основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владеет основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий

<b>Профессиональные компетенции</b>	
ПК(У)-1	Способен и готов осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готов 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	Готов использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способен принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способен 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	Способен налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способен проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готов к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способен анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способен проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способен выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса
<b>Профессиональные компетенции университета</b>	
ДПК(У)-1	Способен планировать и проводить химические эксперименты, проводить обработку результатов эксперимента, оценивать погрешности, применять методы математического моделирования и анализа при исследовании химико-технологических процессов
ДПК(У)-2	Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования
ДПК(У)-3	Готов использовать знания фундаментальных физико-химических закономерностей для решения возникающих научно-исследовательских задач, самостоятельного приобретения физических знаний, для понимания принципов работы приборов и устройств, в том числе, химических реакторов
ДПК(У)-4	Готов использовать информационные технологии при разработке проектов
ДПК(У)-5	Готов изучать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт по тематике исследования на английском языке



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

Инженерная школа природных ресурсов  
Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология  
ООП Химическая технология переработки нефти и газа  
Отделение химической инженерии

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

### ЗАДАНИЕ

#### на выполнение выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-2Д8Б	Смирнов Андрей Сергеевич

Тема работы: Совершенствование технологии атмосферной перегонки нефти методом математического моделирования

Утверждена приказом директора (дата, номер)	31-66/с от 31.01.2023
---------------------------------------------	-----------------------

Срок сдачи обучающимся выполненной работы:	01.06.2023
--------------------------------------------	------------

#### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p><b>Исходные данные к работе</b> <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 функционированию (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Установка атмосферной перегонки нефти в составе ЭЛОУ АВТ, Основной аппарат – тарельчатая колонна атмосферной ректификации К-1.</p> <p>Показатели технологического режима колонны К-1 представлены в Приложении 1. Характеристика сырья и готовой продукции представлены в Приложении 2.</p> <p>Цель работы: усовершенствование процесса атмосферной перегонки сырой нефти путём подбора оптимальных режимных и конструкционных параметров аппарата.</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p><b>Перечень разделов пояснительной записки подлежащих исследованию, проектированию и разработке</b>  <i>(аналитический обзор литературных источников 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><b>Введение:</b> важность процесса ректификации в нефтепереработке.  <b>Литературный обзор:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Фракционирование в нефтепереработке. Физические основы процесса</li> <li>• Сырьё и основные продукты атмосферной и вакуумной ректификации</li> <li>• Типы установок разделения нефти. Режимы и условия эффективной ректификации</li> <li>• Современные технологии фракционирования нефти. Их сравнительная характеристика, достоинства и недостатки (включить результаты патентного поиска).</li> </ul> <p><b>Постановка задачи исследования, актуальной для ВКР:</b> исследование влияния на состав продуктов установки изменения основных режимных и конструкционных параметров.  <b>Практическая часть.</b> Модель исходной колонны, составленная с использованием современных моделирующих систем. Анализ параметров модели. Анализ влияния ключевых режимных параметров: температуры, давления, флегмового числа. Анализ влияния ключевых конструкционных параметров: контактных устройств колонны. Анализ результатов расчёта. Выводы об оптимальном режиме работы колонны.  <b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</b>  <b>Социальная ответственность.</b>  <b>Заключение.</b></p>
<p><b>Перечень графического материала</b>  <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Общая схема установки ЭЛОУ АВТ</li> <li>2. Схема колонны К-1</li> <li>3. Модель колонны К-1</li> <li>4. Материальный баланс установки.</li> <li>5. Технологические режимы усовершенствованной установки</li> </ol>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b>  <i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Рыжакина Татьяна Гавриловна, к.э.н., доцент ОСГН</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин Андрей Александрович, к.т.н., Доцент ООТД</p>

**Названия разделов, которые должны быть написаны на иностранном языке:**

--

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

--

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Митянина О.Е.	к.т.н.		

**Задание принял к исполнению обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Смирнов Андрей Сергеевич		

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

Инженерная школа природных ресурсов  
 Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология (ООП Химическая технология переработки нефти и газа/ Технология подготовки и переработки нефти и газа)  
 Уровень образования Бакалавриат  
 Отделение химической инженерии  
 Период выполнения весенний семестр 2022 /2023 учебного года

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Обучающийся:

Группа	ФИО
3-2Д8Б	Смирнов Андрей Сергеевич

Тема работы:

Совершенствование технологии атмосферной перегонки нефти методом математического моделирования
------------------------------------------------------------------------------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	09.06.2023г.
------------------------------------------	--------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.03.2023	Литературный обзор. Технологии атмосферной ректификации	40
15.04.2023	Практическая часть. Усовершенствование процесса атмосферной перегонки путем моделирования в среде UnisimDesign	60

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Митянина О.Е.	К.Т.Н.		

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Е. А.	К.Т.Н.		

**Обучающийся:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д8Б	Смирнов Андрей Сергеевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа \_\_\_\_\_ 79 \_\_\_\_\_ с., \_\_\_\_\_ 22 \_\_\_\_\_ рис., \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_\_ табл., \_\_\_\_\_ 22 \_\_\_\_\_ источника, \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ прил.

Ключевые слова: фракционирование, сырье, продукты, ректификация, моделирование, параметры.

Объектом исследования является Установка атмосферной перегонки нефти в составе ЭЛОУ АВТ.

Цель работы – усовершенствование процесса атмосферной перегонки сырой нефти путём подбора оптимальных режимных и конструкционных параметров аппарата.

В результате выполнения данной работы была изучена и разработана модель атмосферной колонны фракционирования нефти в среде UnisimDesign. На модели выполнен анализ основных конструктивных размеров и гидравлических сопротивлений колонны фракционирования нефти, оборудованной различными типами контактных устройств.

Модель, разработанная в среде UnisimDesign, позволяет проводить анализ основных параметров и конструктивных размеров атмосферной колонны фракционирования нефти, таких как гидравлическое сопротивление и типы контактных устройств, что способствует оптимизации этого процесса. Полученные данные могут использоваться для улучшения работы атмосферных колонн фракционирования нефти и улучшения эффективности разделения смесей.

Область применения – нефтеперерабатывающая промышленность.



## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

ЭЛОУ – электрообессоливающая установка

АВТ – атмосферно-вакуумная трубчатка

АТ – атмосферная трубчатка

ПЦО – промежуточное циркуляционное орошение

НПЗ – нефтеперерабатывающий завод

ЧС – чрезвычайная ситуация

СИЗ – средства индивидуальной защиты

## Оглавление

Введение.....	12
1 Литературный обзор .....	14
1.1 Фракционирование в нефтепереработке. Физические основы процесса..	14
1.2 Сырьё и основные продукты атмосферной и вакуумной ректификации..	16
1.3 Типы установок разделения нефти. Режимы и условия эффективной ректификации .....	18
2 Практическая часть. ....	28
3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	32
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	33
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	33
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	33
3.1.3 SWOT-анализ.....	35
3.2 Планирование научно – исследовательских работ .....	37
3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	37
3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения .....	39
3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ) .....	43
3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ .....	43
3.3.2 Затраты на оборудование .....	44
3.3.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы .....	44
3.3.4 Накладные расходы.....	46
3.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	47
3.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	48
4 Социальная ответственность .....	61

Введение.....	61
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	61
4.2 Производственная безопасность при эксплуатации.....	63
4.3 Экологическая безопасность при эксплуатации .....	67
Заключение .....	72
Список использованных источников .....	74
Приложение 1. Нормы технологического режима колонны К-1 .....	77
Приложение 2. Характеристика сырья и готовой продукции .....	78

## **Введение**

Процесс ректификации нефти - это процесс раздельного перегонки смесей нефтепродуктов на компоненты с различными температурами кипения. Как правило, этот процесс применяется для производства различных видов нефтепродуктов.

Процесс ректификации в нефтепереработке является критически важным, так как позволяет получать продукты с определенным набором физических и химических свойств. Например, более тяжелые компоненты перегоняются при более высоких температурах и давлениях, тогда как более легкие компоненты перегоняются при более низких температурах и давлениях. Это позволяет получать различные виды нефтепродуктов с нужными свойствами, такими как вязкость, температура застывания, октановое число и другие параметры.

Актуальность процесса ректификации в нефтепереработке объясняется тем, что в смесях нефтепродуктов содержатся множество различных компонентов, которые необходимо разделить, чтобы получить конкретный вид нефтепродукта. Кроме того, ректификация позволяет улучшить качество нефтепродуктов, так как позволяет отделить от них компоненты, которые могут негативно влиять на свойства конечного продукта.

Несмотря на то, что процесс ректификации нефти является довольно сложным и требует высокой степени автоматизации, он является важной стадией в нефтепереработке и имеет широкое применение в промышленности.

Процесс ректификации может включать в себя несколько этапов, таких как фракционирование, азеотропную и упругую ректификацию. Каждый этап основан на использовании физических свойств компонентов смесей, таких как температура кипения, давление и коэффициенты распределения.

Кроме того, процесс ректификации в нефтепереработке также может включать использование специальных реагентов, которые помогают

улучшить эффективность процесса. Это может быть добавление специальных катализаторов или растворителей, которые снижают температуру кипения определенных компонентов, делая их более доступными для расщепления.

Однако, процесс ректификации также имеет свои недостатки. Например, процессу требуется большое количество энергии для поддержания высоких температур и давлений, что может приводить к загрязнению окружающей среды и повышенным затратам на производство. Кроме того, процесс может быть сложным и требовательным к оборудованию, что может увеличить расходы на его эксплуатацию.

В целом, процесс ректификации является важным этапом в нефтепереработке, который позволяет получить различные виды нефтепродуктов с необходимыми свойствами и качеством. Продолжаются исследования и разработки более эффективных методов ректификации, которые будут менее нагружать окружающую среду и обеспечивать минимальные затраты на производство.

Цель данной работы – усовершенствование процесса атмосферной перегонки сырой нефти путём подбора оптимальных режимных и конструкционных параметров аппарата.

## **1 Литературный обзор**

### **1.1 Фракционирование в нефтепереработке. Физические основы процесса**

Перегонка нефти – процесс разделения ее на фракции по температурам кипения (отсюда термин «фракционирование») – лежит в основе переработки нефти и получения при этом моторного топлива, смазочных масел и различных других ценных химических продуктов.

Для проведения разделения нефти на ряд компонентов требуется выполнить несколько основных условий: необходимо нефть нагреть до температуры, обеспечивающей не только нагрев, но и испарение части нефти, т.е. произвести ее однократное испарение в печи, утилизировать тепло выработанных продуктов, нагревая ими сырую нефть. С этой целью используются: трубчатые нагревательные печи, теплообменные аппараты и ректификационные колонны.

Ректификация наиболее распространенный в нефтегазовой промышленности массообменный процесс, осуществляемый в ректификационных колоннах путем многократного противоточного контактирования паров и жидкости [1].

Схема работы ректификационной колонны приведена на рисунке 1.

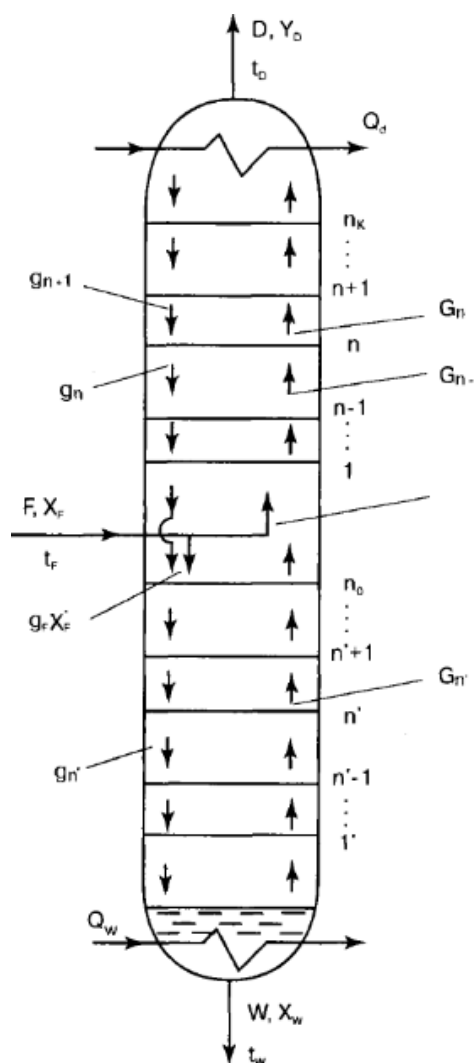


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы ректификационной колонны

В процессе взаимодействия пара и жидкости на каждой ступени контактирования (тарелке или слое насадки) происходит тепло- и массообмен, который вызван стремлением системы к состоянию равновесия. В результате этого контакта компоненты перераспределяются между фазами: пар немного обогащается низкокипящими компонентами, а жидкость - высококипящими. Если контактное устройство достаточно эффективно и контакт продолжается достаточно долго, пар и жидкость, выходящие из тарелки или слоя насадки, могут достичь состояния равновесия, при котором температуры потоков станут одинаковыми, а их составы будут связаны уравнениями равновесия. Этот контакт жидкости и пара, который

заканчивается достижением фазового равновесия, называется равновесной ступенью или теоретической тарелкой.

Число контактных ступеней и параметры процесса (температурный режим, давление, соотношение потоков, флегмовое число и др.) могут быть подобраны таким образом, чтобы обеспечить необходимую четкость фракционирования нефтяных смесей [2].

## **1.2 Сырьё и основные продукты атмосферной и вакуумной ректификации**

Для перегонки нефти используются атмосферные трубчатки (АТ) и атмосферно-вакуумные трубчатки (АВТ) установки. Часто эти установки комбинируются с установками обессоливания нефти и вторичной переработки бензинов.

Сырьем для установок является нефть, которая предварительно обессоливается на установках и блоках ЭЛОУ. Продукция, получаемая на установках, включает в себя следующие компоненты:

- Углеводородный газ, который выводится с установок в газообразном и жидком виде (головка стабилизации). Этот газ направляется для дальнейшей переработки на газофракционирующие установки и используется как топливо для нефтезаводских печей.

- Бензиновая фракция, которая выкипает в пределах 28-180 градусов Цельсия. Она используется как компонент товарного автомобильного бензина, а также как сырьё для установок каталитического риформинга и пиролиза. Эта фракция может быть подвергнута вторичной перегонке для получения узких фракций.

- Керосиновая фракция, которая выкипает в пределах 120-315 градусов Цельсия. Она используется как топливо для реактивных и тракторных карбюраторных двигателей, для освещения, а также как сырьё для установок гидроочистки.



- Дизельная фракция (атмосферный газойль), которая выкипает в пределах 180-360 градусов Цельсия. Она используется как топливо для дизельных двигателей и как сырье для установок гидроочистки.

- мазут – остаток атмосферной перегонки – выкипает выше 350 градусов Цельсия, применяется как котельное топливо или сырье для установок гидроочистки и термического крекинга;

- вакуумные дистилляты (вакуумные газойли) – выкипают в пределах 350-500 градусов Цельсия, используются как сырье каталитического крекинга и гидрокрекинга; на НПЗ с масляной схемой переработки получают несколько (2-3) вакуумных дистиллятов;

- гудрон – остаток атмосферно-вакуумной перегонки нефти, выкипает при температуре выше 500 градусов Цельсия, используется как сырье установок термического крекинга, коксования, производства битумов и масел [3].

Для получения описанных фракций нефти используется процесс, называемый ректификацией, который осуществляется в ректификационной колонне. Ректификационная колонна представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат высотой 20-30 м и диаметром 2-4 м. Внутренняя часть колонны разделена на отдельные отсеки, которые содержат большое количество горизонтальных дисков с отверстиями для прохождения паров нефти и жидкости.

Перед введением нефти в ректификационную колонну ее нагревают в трубчатой печи до температуры 350-360 градусов Цельсия. При этой температуре легкие углеводороды, бензиновая, керосиновая и дизельная фракции переходят в парообразное состояние, а жидкая фаза с температурой кипения выше 350 градусов Цельсия представляет собой мазут.

После введения смеси в ректификационную колонну мазут стекает вниз, а углеводороды, находящиеся в парообразном состоянии, поднимаются вверх. Кроме того, вверх поднимаются пары углеводородов, испаряющиеся

из мазута, который нагревается в нижней части колонны до 350 градусов Цельсия.

При подъеме вверх, пары углеводородов остывают и их температура в верхней части колонны снижается до 100-180 градусов Цельсия. Это происходит благодаря теплоотдаче в окружающую среду и искусственному охлаждению паров в колонне с помощью распыления сконденсированных паров (орошение). В процессе остывания паров нефти, соответствующие углеводороды конденсируются. Технологический процесс рассчитан таким образом, что бензиновая фракция конденсируется в самой верхней части колонны, керосиновая - ниже, а фракция дизельного топлива - еще ниже. Несконденсировавшиеся пары направляются на газофракционирование, где из них получают сухой газ (метан, этан), пропан, бутан и бензиновую фракцию [4].

### **1.3 Типы установок разделения нефти. Режимы и условия эффективной ректификации**

Для процесса перегонки нефти на установках АТ и АВТ возможны несколько способов:

1. Использование однократного испарения в трубчатой печи и разделение отгона в одной ректификационной колонне (как показано на рисунке 2).

2. Применение двухкратного испарения с последующим разделением в двух ректификационных колоннах: в колонне предварительного испарения с отделением легких бензиновых фракций и в основной колонне (см. рисунок 3).

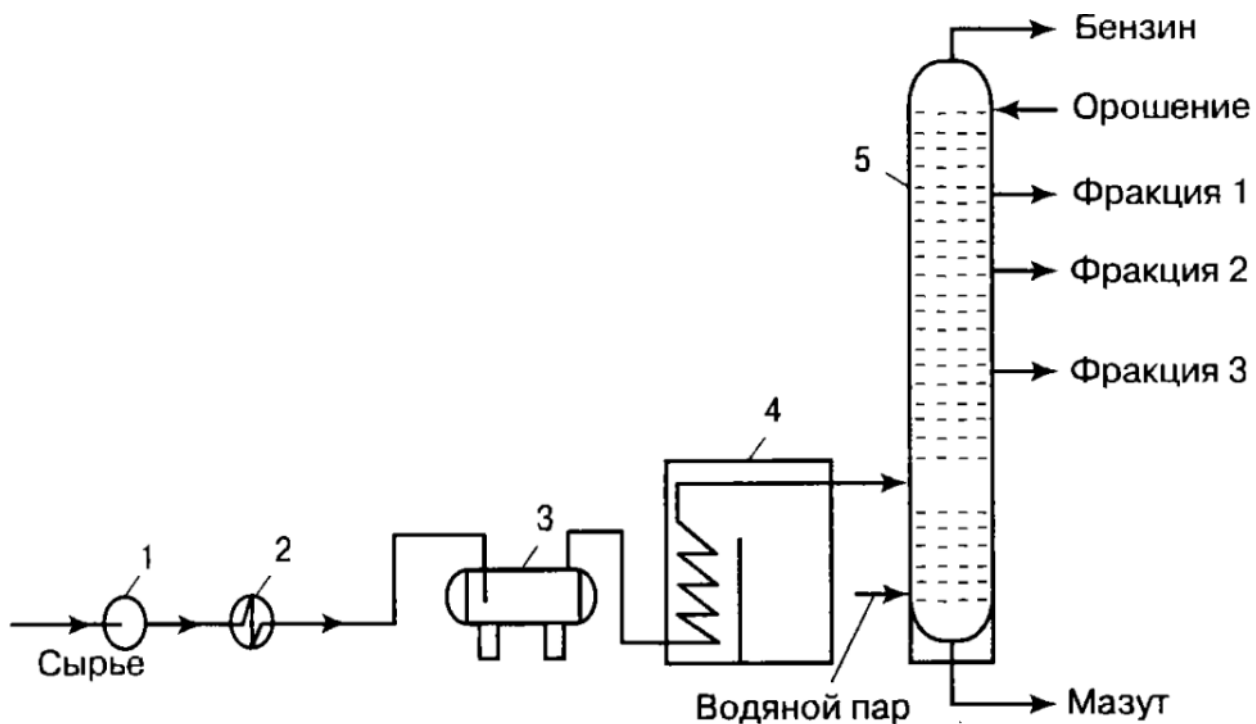


Рисунок 2 – Схема перегонки нефти с однократным испарением

Одним из способов перегонки нефти является однократное испарение, который осуществляется по следующей схеме (как показано на рисунке 2). Сырая нефть, подогретая в теплообменниках 2 за счет тепла, выделяющегося отходящих продуктов установки, передается насосом 1 для обезвоживания и обессоливания в электродегидраторы 3. Затем нефть поступает в трубчатую печь 4, где происходит ее однократное испарение, а затем в атмосферную колонну 5, где происходит разделение на необходимые фракции. Однако такая технологическая схема перегонки нефти, как правило, применима только для нефти с низким содержанием светлых нефтепродуктов и небольшим содержанием растворенного газа.

При использовании этой схемы, совместное испарение легких и тяжелых фракций способствует снижению температуры нагрева нефти перед подачей ее в колонну. Однако для нефти с большим содержанием растворенного газа и низкокипящих фракций, применение этой схемы перегонки сопряжено с трудностями, связанными с повышением давления на питательном насосе, во всех аппаратах до печи, в самой печи и в

ректификационной колонне. Это требует большего расхода металла на изготовление аппаратуры в связи с необходимым увеличением толщины стенок оборудования и вызывает неизбежное ухудшение погоноразделения.

В случае нефти с большим содержанием растворенного газа и низкокипящих фракций используется схема перегонки с двойным испарением нефти и двумя ректификационными колоннами (см. рисунок 3). В первой колонне отбирают легкий бензин и газ, что позволяет понизить общее давление в системе и уменьшить давление в основной ректификационной колонне. В результате происходит более полное отделение светлых нефтепродуктов из нефти и более четкое разделение их в колонне.

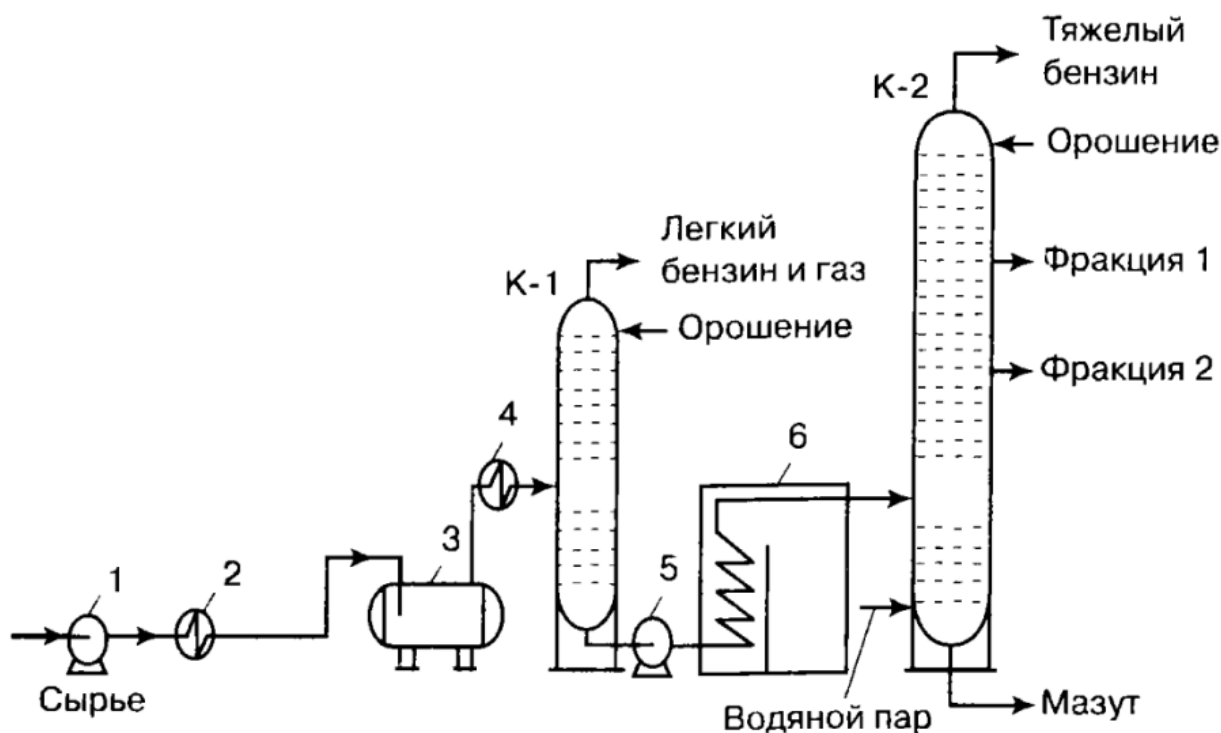


Рисунок 3 – Схема перегонки нефти с двухкратным испарением

Обезвоженная и обессоленная нефть проходит несколько ступеней нагрева и испарения, и в результате разделяется на различные фракции. В первой ректификационной колонне отбирается легкий бензин и газ, а остаток переходит к следующей ступени нагрева и испарения в трубчатой печи.

Затем этот остаток поступает во вторую ректификационную колонну, где отбираются остальные фракции.

Важным преимуществом двухкратной схемы перегонки является более эффективное разделение фракций и возможность получения более качественных нефтепродуктов. Однако эта схема требует более сложной и дорогостоящей технологической аппаратуры, а также более высокой температуры нагрева в печи.

Основными преимуществами перегонки нефти на установках АТ или АВТ являются высокая производительность и широкий набор получаемых нефтепродуктов. Однако для эффективной работы таких установок необходимо учитывать множество факторов, включая состав и свойства исходной нефти, давление и температуру работы, конструктивные особенности аппаратуры и многие другие.

На рисунке 4 представлена принципиальная схема атмосферной перегонки нефти на современных установках АТ или АВТ.

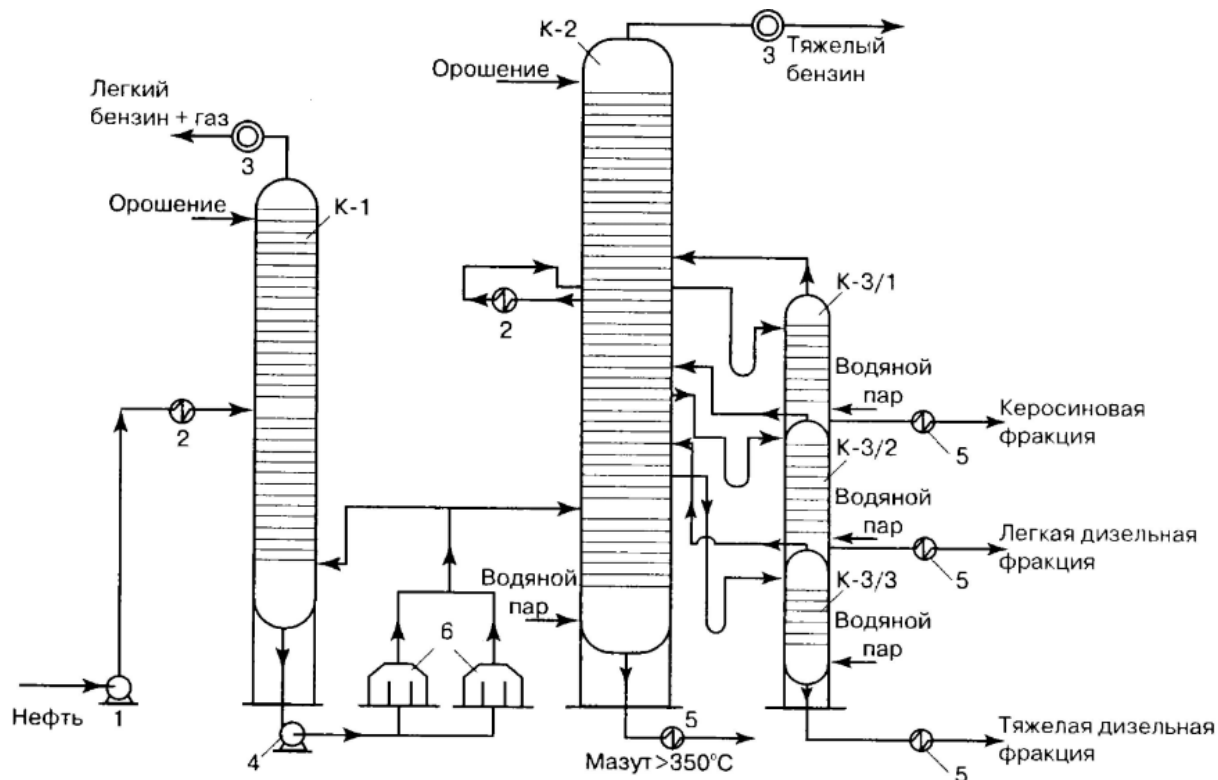


Рисунок 4 – Схема перегонки нефти на современных двухколонных установках АВТ: 1 – сырьевой насос; 2 – теплообменник; 3 – конденсаторы-

холодильники; 4 – горячий насос; 5 – холодильники; 6 – печь.

Когда нефть предварительно обезвожена и обессолена, она насосом подается в теплообменники для нагрева до 220-230 °С, после чего идет в ректификационную колонну К-1, где происходит разделение на пары и неиспарившийся остаток. Пары нефти и газа переходят во вторую часть колонны К-1, где они дальше испаряются и разделяются на фракции. В случае необходимости, перед входом в колонну, нефть может быть дополнительно нагрета в подогревателе или ей может быть подана отбензиненная нефть, нагретая до нужной температуры. Для повышения качества и выхода фракций могут использоваться дополнительные устройства, например, ректификационная колонна. После выхода из колонны продукт первичной перегонки нефти хранится в специальных емкостях.

#### **1.4 Современные технологии фракционирования нефти. Их сравнительная характеристика, достоинства и недостатки**

Основная цель модернизации процесса ректификации нефти заключается в повышении эффективности использования ресурсов. Четкое разделение фракций нефти поможет сократить энергозатраты и уменьшить образование отходов и выбросов, которые потребуют дополнительных затрат на очистку и утилизацию. Внедрение новых технологий может происходить как на стадии проектирования НПЗ, так и на уже действующих объектах, что позволяет оптимально управлять производственными процессами. Важную роль в этом играют технологические схемы, которые влияют на выход и качество нефтепродуктов, а также на общие затраты на производство. В первичной переработке часто используются схемы с предварительным испарителем и двойным испарением, что позволяет частично испарить нефть в теплообменных аппаратах и затем окончательно разделить пары. Хорошо

продуманная схема может снизить давление на насосе и помочь более эффективно использовать ресурсы.

Технологическая схема с предварительным испарителем представляет собой одну из наиболее распространенных схем для первичной переработки нефти. Она позволяет частично испарить нефть в теплообменных аппаратах и затем окончательно разделить пары в испарителе. После разделения, пары проходят мимо трубчатой печи и поступают вверх по колонне. Эта схема работает за счет использования тепла продуктовых потоков, что позволяет сократить энергозатраты на процесс и уменьшить нагрузку на змеевики трубчатой печи и давление на сырьевом насосе. Схемы с предварительным испарителем имеют высокую производительность и могут быть использованы как на новых, так и на действующих НПЗ. Однако, для более эффективной работы необходимо тщательно подобрать параметры обработки нефти и настроить процессы переработки.

Технологическая схема с предварительным испарителем имеет определенные недостатки, такие как низкий выход светлых фракций, не высокую технологическую гибкость и возможность изменений в составе нефти, что может создать нестабильность в работе оборудования. Наличие углеводородных газов и паров в верхнем дистилляте может затруднить процесс конденсации фракций, а сера в нефти может повысить коррозионные показатели [1].

По сравнению с другими схемами, наиболее оптимальной при фракционировании нефти является технологическая схема с двухкратным испарением. В этой схеме возможны изменения в составе нефти, но она обеспечивает более устойчивый и стабильный режим работы установки, а также наиболее полное и рациональное использование тепла отходящих продуктовых потоков. Согласно данной схеме, используются продуктовые потоки и отходящие продукты вакуумной установки для нагрева сырой нефти. Максимальная интеграция тепла отходящих продуктовых потоков позволяет снизить использование тепла трубчатой печи на 30-40% [5].

Стратегические преимущества схемы с двухкратным испарением заключаются в том, что она обеспечивает возможность переработки высокосернистой нефти с высоким содержанием углеводородных газов, бензиновых фракций и светлых дистиллятов. Кроме того, защита от коррозии основной атмосферной колонны приводит к продлению срока службы оборудования, а удаление фракции легкого бензина из нефти помогает предотвращать образование высокого рабочего давления в змеевиках трубчатой печи. Это также позволяет использовать более дешевое оборудование без ущерба для его прочности. Благодаря снижению использования энергии тепла трубчатой печи, происходит уменьшение затрат на электроэнергию и уменьшение общих эксплуатационных расходов. Принципиальная технологическая схема двухкратного испарения изображена на рисунке 5.

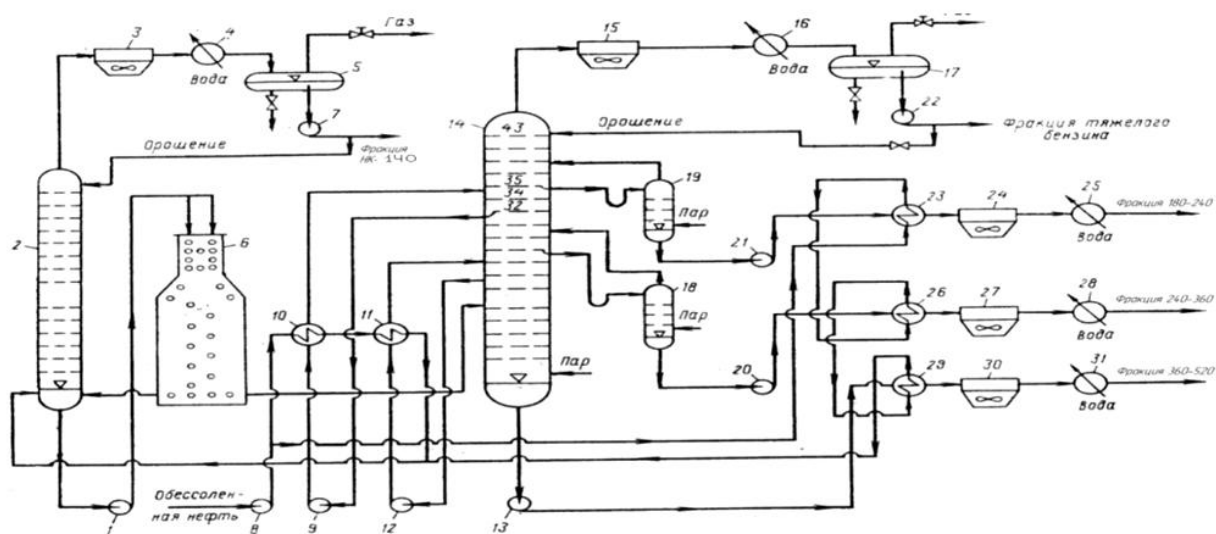


Рисунок 5 – Технологическая схема установки атмосферной перегонки нефти двухкратного испарения: 1, 7, 8, 9, 12, 13, 20, 21, 22 – насосы; 2, 14 – ректификационные колонны; 3, 15, 24, 27, 30 – аппараты воздушного охлаждения; 4, 16, 25, 28, 31 – холодильники; 10, 11, 23, 26, 29 – теплообменники; 5, 17 –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



В соответствии с данной технологической схемой, сырая нефть нагревается в рекуперативных теплообменниках за счет отходящих продуктовых потоков, а затем нагретая нефть поступает в отбензинивающую колонну. Здесь происходит отделение фракции легкого бензина НК-180 от нефти. Отмечается, что фракция, содержащая соединения сероводорода в значительном количестве, может привести к серьезному коррозионному воздействию на основную атмосферную колонну, если эти соединения не будут удалены.

После того, как нефть отбензинена и из нее удалены газы и пары легкого бензина, она поступает на нагрев в трубчатую печь. Затем происходит разделение на другие фракции, такие как: бензиновая фракция, фракция 180-240°C, дизельная фракция, фракция 320-360°C и остаток перегонки, мазут.

По данной принципиальной технологической схеме можно выделить следующие ее недостатки:

1. Для поддержания нормального технологического режима необходим сильный температурный нагрев в печи для частично отбензиненной нефти.

2. Оптимальный технологический режим предполагает установление конкретных температур кубовой части колонны отбензинивания, что приводит к необходимости установки вспомогательного оборудования и линий трубопроводов, что увеличивает капитальные затраты и металлоемкость схемы.

3. Для осуществления конденсации паров дистиллята с верха колонны отбензинивания потребуется поддержание высокого давления в отбензинивающей колонне, что может быть связано с дополнительными затратами энергии и снижением эффективности схемы.

Из данного анализа технологических схем можно выделить следующие рекомендации:

1. Для повышения эффективности регенерации тепла в колонне атмосферной перегонки необходимо увеличивать расходы на нижние

циркуляционные орошения и выводить большей частью остро испаряющееся орошение.

2. Слабым местом схемы с предварительным испарителем является использование сепаратора, который не способен отделить легкие коррозионно-активные газы и пары из нефти. Для решения данной проблемы можно использовать отбензинивающую колонну по схеме с двухкратным испарением.

3. Однако для осуществления перегонки нефти по данной схеме требуется повышение температуры нагрева в трубчатой печи перед основной атмосферной колонной. При этом необходимо учитывать возможное изменение состава сырья и подбирать соответствующие режимы температуры и давления для обеспечения устойчивого процесса перегонки.

Использование двухколонной схемы с отбензинивающей колонной может быть затратным, но в целом эта схема может иметь большую эффективность в сравнении с схемой с предварительным испарителем. Однако, при проектировании следует учитывать необходимость отвода определенного количества тепла с верхним острым орошением и ПЦО для обеспечения минимального диаметра колонны.

Кроме того, важно учитывать экономические факторы, такие как стоимость топлива и электроэнергии, а также подбирать оптимальную технологическую схему, которая будет наиболее энерго- и ресурсоэффективной для конкретных условий производства. В итоге выбор схемы должен быть основан на анализе показателей эффективности, затрат и рисков.

Понижение рабочего давления в основной атмосферной колонне может дать возможность улучшить технико-экономические показатели, повысить качество и выход светлых фракций.

Снижение давления в основной колонне обеспечит более эффективное разделение продуктов, так как различные фракции требуют разных условий испарения при перегонке. При этом возможно снижение потребления

перегретого пара, что снизит затраты на энергию, а использование умеренного вакуума вместо него поможет добиться экономии тепла на 3-5%.

Также важно учитывать, что понижение давления должно быть осуществлено с учетом технологических особенностей и требований к качеству продукции. Все изменения в технологическом процессе должны быть осуществлены с оценкой их влияния на соответствующие показатели качества и экономические результаты производства.

Развивающиеся требования к нефтепродуктам и переработка нефти в современной нефтеперерабатывающей промышленности увеличивают потребность в структурных изменениях в схемах первичной перегонки нефти. Одной из возможных структурных изменений является технология перегонки нефти с использованием общего блока конденсации легких паров (см. рисунок б), который подключен к верху каждой колонны.

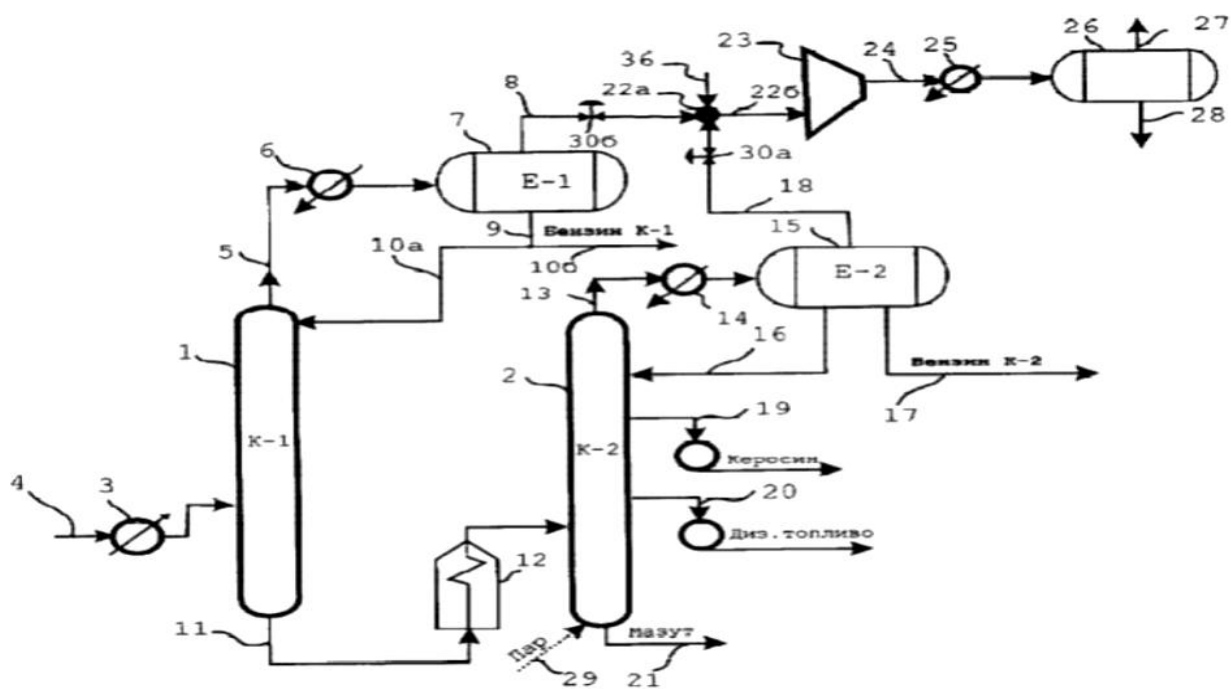


Рисунок б – Схема ректификации с блоком улавливания низкокипящих компонентов: К-1- отбензинивающая колонна; К-2 – основная атмосферная колонна; Е-1,2- рефлюксорные емкости; 3,6,14,16,19,20,25 – теплообменные аппараты;12- трубчатая печь;23-компрессор; 26 - емкость сепаратор.

В соответствии с патентом [7], автор предлагает организовать блок улавливания легкокипящих компонентов, который будет состоять из рефлюксорных емкостей, компрессора и сепаратора, подключенных между собой последовательно.

Этот способ перегонки нефти отличается от обычных тем, что легкие газы и пары бензиновых фракций, выходящих из блоков конденсации, будут контролироваться для снижения их давления до уравнивания перед входом в блок улавливания легких компонентов. Применение такой схемы блока конденсации приведет к уменьшению энергозатрат на переработку нефти, а также повысит выход светлых фракций и улучшит их фракционный состав.

На рисунке 7 показана принципиальная технологическая схема первичной перегонки нефти с выводом дополнительного погона.

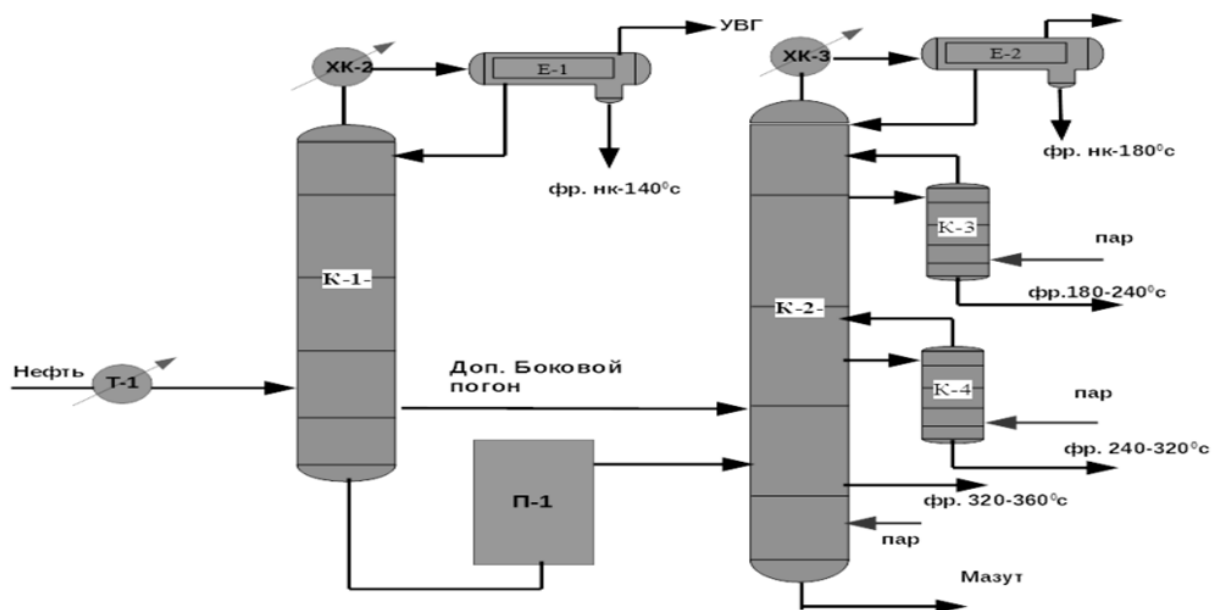


Рисунок 7 – Технологическая схема ректификации с дополнительным боковым погонном: Т-1– рекуперативный теплообменник нагрева нефти; К-1- отбензинивающая колонна; К-2- основная атмосферная колонна; П-1- трубчатая печь; ХК-2,3 – холодильники конденсаторы; Е-1,2- рефлюксорные емкости; К3,4 отпарные стрипинги.

В соответствии с патентом [8], автор предлагает вариант схемы фракционирования нефти, который включает нагрев нефти в рекуперативных теплообменниках, после чего нагретая нефть поступает в первую отбензинивающую колонну, где удаляется фракция легкого бензина из нефти. Затем отбензиненная нефть нагревается в трубчатой печи и поступает в эвапорационную зону атмосферной колонны. Из атмосферной колонны выводятся фракции бензина, керосина, дизельного топлива и газойлевых фракций, а также мазут - кубовый остаток.

Главной особенностью данной технологии является использование отвода с нижней полуглухой тарелки укрепляющей секции дополнительного погона из колонны отбензинивания и его подача на нижнюю полуглухую тарелку укрепляющей секции атмосферной колонны для вывода атмосферного газойля. Это приведет к дополнительному потоку нисходящей флегмы и повышению выхода фракции атмосферного газойля, что является техническим результатом данного патента. Кроме того, использование этой технологии также позволит уменьшить энергозатраты и повысить выход других нефтепродуктов в атмосферной колонне.

Общим выводом по схемам фракционирования нефти является то, что они широко применяются в нефтеперерабатывающей промышленности для получения различных нефтепродуктов. В зависимости от конкретных условий изначальной нефти и требований к выходным продуктам, могут использоваться различные схемы фракционирования, которые включают отбензинивание, эвапорацию, атмосферную или вакуумную перегонку и т.д. Кроме того, многие из схем фракционирования могут быть модифицированы для улучшения технических показателей и повышения выхода нефтепродуктов.

Также стоит отметить, что схемы фракционирования нефти являются сложными технологическими процессами, требующими высокой квалификации и опыта у персонала нефтеперерабатывающих предприятий. Эффективность схем фракционирования напрямую зависит от качества

нефти, правильного выбора схемы и оптимизации параметров процесса. Однако, благодаря постоянному развитию технологий и инновационного подхода, схемы фракционирования нефти сегодня позволяют высокоэффективно получать необходимые нефтепродукты с минимальными затратами на производство.

В целом, схемы фракционирования нефти являются важным компонентом технологии нефтепереработки и позволяют получать различные нефтепродукты, которые широко используются в промышленности и бытовом хозяйстве.

Схемы фракционирования нефти имеют большое значение для экономики государств, где есть значительные запасы нефти, так как нефтепродукты являются не только основным источником энергии, но и используются в различных отраслях промышленности. Однако, при использовании схем фракционирования нефти следует учитывать влияние нефтепереработки на окружающую среду и стремиться к минимизации экологических рисков.

В целом, схемы фракционирования нефти являются важным звеном в цепочке нефтепереработки и сыграли огромную роль в развитии нефтегазовой промышленности и экономики в целом. Современные технологии позволяют эффективно производить различные нефтепродукты с учетом экономических, технических и экологических требований.

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

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3-2Д8Б	Смирнов Андрей Сергеевич

<b>Школа</b>	<b>ИШПР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>ОНД</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	18.03.01 «Химическая технология»

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

<i>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>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30,2 %.</i>

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

<i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	<i>Анализ и оценка конкурентоспособности НИ. SWOT-анализ</i>
<i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.</i>
<i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
<i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	<i>Рассчитать показатели финансовой эффективности, ресурсоэффективности и эффективности исполнения</i>

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

<i>Карта сегментирования Матрица SWOT График проведения НИ</i>
------------------------------------------------------------------------

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
-------------------------------------------------------------	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН	Рыжакина Татьяна Гавриловна	к.э.н.		

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
3-2Д8Б	Смирнов Андрей Сергеевич		

### **3 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

#### **Введение**

В настоящей работе рассматривается установка ЭЛОУ-АВТ нефтеперерабатывающего завода.

Оборудование рабочей зоны: трубчатая печь, блок ЭЛОУ, атмосферно-вакуумная трубчатка, блока теплообменников ,вспомогательное оборудование.

Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне: контроль параметров работы установки, осмотр оборудования на предмет его исправности, отбор проб, изменение технологической схемы транспортировки нефти и нефтепродуктов.

Обоснование целесообразности проведения исследовательских работ является целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

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.



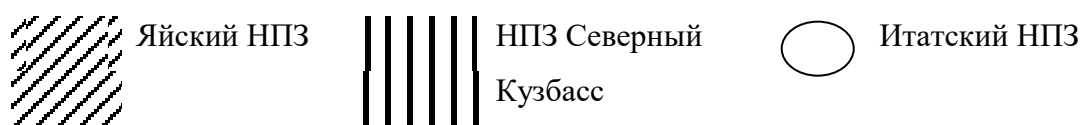
### 3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные сегменты – НПЗ, находящиеся на территории Кемеровской области, а также выбраны наиболее благоприятные.

Профиль	Вид услуги		
	Проектирование	Мониторинг	Оптимизация
Экономический	○		
Охрана труда	○		○
Охрана окружающей среды			○

Рисунок 21 - Карта сегментирования рынка услуг



Таким образом, наиболее благоприятным сегментом и направлением для исследования был выбран проект на базе Яйского НПЗ.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

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 конкурентам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения позволяет провести оценку сравнительной эффективности научной разработки и определить направления для ее будущего повышения.

Таблица 3.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений проекта

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>к1</sub>	К <sub>к2</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Технические критерии оценки ресурсоэффективности</b>							
1. Повышение производительности	0,15	4	3	2	0,6	0,45	0,3
2. Удобство в эксплуатации	0,05	3	3	3	0,15	0,15	0,15
3. Энергоэкономичность	0,08	5	4	4	0,4	0,32	0,32
4. Надежность	0,08	5	3	3	0,4	0,24	0,24
5. Безопасность	0,1	5	5	5	0,5	0,5	0,5
6. Простота эксплуатации	0,05	4	3	3	0,2	0,15	0,15
<b>Экономические критерии оценки эффективности</b>							
1. Конкурентоспособность продукта	0,11	4	3	3	0,44	0,33	0,33
2. Уровень проникновения на рынок	0,05	1	2	2	0,05	0,1	0,1
3. Цена	0,08	4	4	3	0,32	0,32	0,24
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,07	4	4	4	0,28	0,28	0,28
5. Финансирование научной разработки	0,08	3	5	4	0,24	0,4	0,32
6. Срок выхода на рынок	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
7. Наличие сертификации разработки	0,05	1	3	3	0,05	0,15	0,15
<b>Итого</b>	<b>1</b>				<b>3,83</b>	<b>3,59</b>	<b>3,28</b>

Б<sub>ф</sub> – повышение эффективности работы установки первичной переработки нефти по предлагаемой схеме;

Б<sub>к1</sub>– повышение эффективности работы установки первичной переработки нефти с использованием термического воздействия;

Б<sub>к2</sub> – повышение эффективности работы установки первичной переработки нефти с использованием центрифугирования.

Рассматриваемые в проекте решения имеют наиболее высокий коэффициент конкурентоспособности в сравнении с конкурентами.

### 3.1.3 SWOT-анализ

Одной из методик анализа сильных и слабых сторон рассматриваемого комплекса мер, его внешних благоприятных возможностей и угроз является SWOT-анализ (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Высококвалифицированный персонал	Сл1. Зависимость от иностранных поставщиков услуг ремонтного обслуживания
С2. Наличие необходимого оборудования.	
Возможности	Угрозы
В1. Применение современных технологий и оборудования	У1. Штрафы за нарушение экологического законодательства
В2. Применение современных методов	У2. Устаревание технологий и оборудования

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 3.3–3.6.

Таблица 3.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

		Сильные стороны проекта	
Возможности проекта		С1	С2
	В1	+	+
	В2	+	-

Таблица 3.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

		Слабые стороны проекта
Возможности проекта		Сл1
	В1	+
	В2	-

Таблица 3.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

		Сильные стороны проекта	
Угрозы проекта		С1	С2
	У1	+	+
	У2	-	+

Таблица 3.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

		Слабые стороны проекта
Угрозы проекта		Сл1
	У1	-
	У2	+

Результаты анализа представлены в итоговой таблице 3.7.

Таблица 3.7 – Swot-анализ комплекса мер по повышению эффективности работы установки первичной переработки нефти

	Возможности	Угрозы
	1. Применение современных технологий и оборудования 2. Применение современных методов	1. Штрафы за нарушение экологического законодательства 2. Устаревание технологий и оборудования
Сильные стороны 1. Высококвалифицированный персонал 2. Наличие необходимого оборудования.	1. Проведение комплекса мер по разделению водонефтяной эмульсии 2. Проведение исследования на современном оборудовании	1. Строгое следование всем правилам и экологическим нормам 2. Регулярное проведение модернизации
Слабые стороны 1. Зависимость от иностранных поставщиков услуг ремонтного обслуживания	1. Переход на услуги отечественных сервисных компаний	1. Строгое следование всем правилам и экологическим нормам

Анализируя таблицу SWOT-анализа можем сказать, что предлагаемый комплекс мероприятий имеет достаточно сильных сторон и возможностей.

Основной слабой стороной является зависимость от иностранных сервисных компаний, которые предоставляют услуги по ремонту и модернизации оборудования.

При этом стоит говорить о необходимости постоянной модернизации технологий и оборудования. Кроме того, важной задачей является соблюдение экологического законодательства.

## **3.2 Планирование научно – исследовательских работ**

### **3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования**

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят Инженер, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) ВКР. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Инженер
	6	Построение и проведение экспериментов (расчетов)	Руководитель, Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	9	Определение целесообразности проведения ОКР	Инженер, руководитель
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	10	Сбор информации по охране труда	Инженер
	11	Оформление результатов по охране труда	Инженер
	12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Инженер
	13	Оформление экономической части работы	Инженер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	14	Составление пояснительной записки	Инженер, руководитель

### 3.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (3.1)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы чел.-дн.;  $t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;  $t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (3.2)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб.дн.;  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;  $Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – 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		$t_{ож}$ , чел-дни			
	Исп.1(р)	Исп.2(и)	Исп.1(р)	Исп.2(и)	Исп.1(р)	Исп.2(и)		
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Составление и утверждение технического задания	1	-	1	-	1	-	1	1
Подбор и изучение материалов по теме	-	2	-	2	-	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	1	5	1	3	2	5
Календарное планирование работ по теме	1	4	1	10	1	7	4	8
Проведение теоретических исследований, изучение литературы	-	3	-	8	-	6	6	7
Построение и проведение экспериментов (расчетов)	1	3	1	5	1	4	2,5	5
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	-	3	-	5	-	4	4	4
Оценка эффективности полученных результатов	6	-	6	-	6	-	6	7
Определение целесообразности проведения ОКР	10	3	12	5	11	4	7,5	13
Сбор информации по охране труда	-	3	-	5	-	4	4	5
Оформление результатов по охране труда	-	3	-	5	-	4	4	5
Подбор данных для выполнения экономической части работы	-	2	-	4	-	3	3	3



Окончание таблицы 3.9

<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>
Оформление экономической части работы	-	2	-	4	-	3	3	5
Составление пояснительной записки	1	9	1	14	1	12	6,5	13
Итого	21	39	23	72	22	56	56	83

Календарный план-график проведения исследования представлен на рисунке 22.

№ этапа	Вид работ	Исп.	Календарные дни											
			Март			Апрель			Май					
			1	2	3	1	2	3	1	2				
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	■											
2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер	■											
3	Выбор направления исследований	Руководитель Инженер	■	■										
4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель Инженер		■	■									
5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Инженер			■	■								
6	Построение и проведение экспериментов (расчетов)	Руководитель Инженер				■	■							
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер					■	■						
8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель					■	■	■					
9	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель Инженер					■	■	■	■				
10	Сбор информации по охране труда	Инженер								■	■			
11	Оформление результатов по охране труда	Инженер									■	■		
12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Инженер										■	■	
13	Оформление экономической части работы	Инженер											■	■
14	Составление пояснительной записки	Руководитель Исп. 2											■	■

Условные обозначения:

Руководитель ■

Инженер ■

Рисунок 22 – Календарный план-график проведения исследования

### 3.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета научного исследования должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов планируемых затрат (расходов), необходимых для его выполнения:

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

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

#### 3.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты для НТИ сводятся к затратам на канцелярию, которые учитываются в накладных расходах. Расчет представлен в таблице 3.10.

Таблица 3.10 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	740	2	1 480
Бумага	750	2	1500
Картридж для лазерного принтера	4 990	1	4 990
Итого:			7 970

### 3.3.2 Затраты на оборудование

Все расчеты по приобретению спецоборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в таблице 3.11

Таблица 3.11 – Расчет затрат на оборудование для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость с НДС, руб.
Персональный компьютер	1	51400
ПО		4600
Итого		56000

### 3.3.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы

Численность исполнителей принимается как  $N_{рук}=1$ ,  $N_{исп}=1$ , общее число исполнителей – 2 человек.

Расчет эффективного рабочего времени одного исполнителя сведен в табл. 3.12

Таблица 3.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни/праздничные дни	66	66
Номинальный фонд рабочего времени		
Потери рабочего времени - отпуск/невыходы по болезни	56	52
Эффективный фонд рабочего времени	243	247

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (3.5)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (3.6)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;  $T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. Дн.;  $Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (3.7)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;  $M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. Дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_б \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (3.8)$$

где  $Z_б$  – базовый оклад, руб.;  $k_{пр}$  – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);  $k_d$  – коэффициент доплат и надбавок;  $k_p$  – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

$$Z_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (3.9)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата;  $Z_{доп}$  – дополнительная заработная плата (12-20% от  $Z_{осн}$ )

Основная заработная плата руководителя (от ТПУ) рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда.

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя от предприятия рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (3.10)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;  $T_{\text{р}}$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. Дн.;

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а так же выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}}, \quad (3.11)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12-0,15)

Таблица 3.13 – Расчёт основной и дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_{\text{б}}$ , руб.	$k_{\text{р}}$	$Z_{\text{м}}$ ,руб	$Z_{\text{дн}}$ , руб.	$T_{\text{р}}$ , раб. Дн.	$Z_{\text{осн}}$ , руб.	$Z_{\text{доп}}$
Руководитель	33162,9	1,3	43111,8	2128,98	22	46837,48	7025,62
Инженер	16000	1,3	20800	921,03	56	51577,86	7736,68

Рассчитываем отчисления на социальные нужды (30,2%):

$$Q_{\text{соц.н.}} = 0,302 * \text{ЗП, руб.}, \quad (3.12)$$

Таблица 3.14 – Заработанная плата одного исполнителя НИР

	Заработная плата	Социальные отчисления
Руководитель	53863,10	16266,66
Исполнитель	59314,54	17912,99
ИТОГО	113177,64	34179,65

### 3.3.4 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование

материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (3.12)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%. Расчетное значение представлено в таблице 3.15.

#### 4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Расчитанная величина затрат научно-исследовательской работы является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно-технической продукции.

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 3.15.

Таблица 3.15 – Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	2	3	4
Материальные затраты	7970,00	7970,00	7970,00
Затраты на оборудование	56000,00	56000,00	56000,00
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	98415,34	126201,24	115352,40
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	14762,30	18930,19	17302,86
Отчисления во внебюджетные фонды	34179,65	43869,29	40061,89
Накладные расходы	33812,37	40475,32	37869,94
<b>Бюджет затрат НИИ</b>	<b>245139,66</b>	<b>293446,04</b>	<b>274557,09</b>

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

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (3.13)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;  $\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1} = \frac{245139,66}{293446,04} = 0,8354$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2} = \frac{293446,04}{293446,04} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}3} = \frac{274557,09}{293446,04} = 0,9356$$

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

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (3.14)$$



где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;  $b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;  $n$  – число параметров сравнения (табл. 3.16).

Таблица 3.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Критерии \ Объект исследования	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	3
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,2	5	3	4
3. Помехоустойчивость	0,15	3	3	4
4. Энергосбережение	0,15	5	4	3
5. Надежность	0,2	5	4	4
6. Материалоемкость	0,2	5	3	3
Итого	1	4,7	3,45	3,55

$$I_{p-исп1} = 0,1 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 + 0,2 \cdot 5 = 4,7;$$

$$I_{p-исп2} = 0,1 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 + 0,15 \cdot 3 + 0,15 \cdot 4 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,45;$$

$$I_{p-исп3} = 0,1 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,15 \cdot 4 + 0,15 \cdot 3 + 0,2 \cdot 4 + 0,2 \cdot 3 = 3,55.$$

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{фин.р}^{исп1}} = \frac{4,7}{0,8354} = 5,63$$

$$I_{исп2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{фин.р}^{исп2}} = \frac{3,45}{1} = 3,45;$$

$$I_{\text{исп3}} = \frac{I_{\text{р-исп2}}}{I_{\text{фин.р}}^{\text{исп2}}} = \frac{3,55}{0,9456} = 3,79.$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ ):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп}i}}{I_{\text{исп}1}} \quad (3.15)$$

Таблица 3.17 - Сравнительная эффективность вариантов исполнения разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,8354	1	0,9456
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,7	3,45	3,55
3	Интегральный показатель эффективности	5,63	3,45	3,79
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,613	0,673

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации разработки, как наиболее предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;

При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 83 дней, общее количество рабочих дней, в течение которых работал инженер – 56 и общее количество календарных дней, в течение которых работал руководитель - 22;

Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на разработку проекта, которые составляют 245139,66 руб.

По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,8354, что является показателем того, что ИР не уступает аналогам по выгоды.

Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,7 по сравнению с 3,45 и 3,55 у аналогов.

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 5,63, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.