

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

---

Институт (ИнЭО)  
Направление подготовки «Химическая технология природных энергоносителей и  
углеродных материалов»  
Кафедра «Химической технологии топлива и химической кибернетики»

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Моделирование атмосферной колонны установки первичной переработки нефти с целью улучшения качества дизельной фракции</b>

УДК 665.63.048.3.048.92/.97

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<b>32д23</b>	<b>Иванова Юлия Игоревна</b>		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ХТТ и ХК	Грязнова И.А			

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Немцова О.А			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ХТТ и ХК	Юрьев Е.М	к.т.н, доцент		

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

---

Институт электронного обучения (ИнЭО)  
Направление подготовки (специальность) «Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов»  
Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:  
Зав. кафедрой  
\_\_\_\_\_ Юрьев Е. М.  
(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
3-2Д23	Ивановой Юлии Игоревне

Тема работы:

**Моделирование атмосферной колонны установки первичной переработки нефти с целью улучшения качества дизельной фракции**

Утверждена приказом директора (дата, номер)	<b>30. 01. 2017 г., № 496/с</b>
---	---------------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	<b>25 мая 2017 г.</b>
--	-----------------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

**Исходные данные к работе**

*(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).*

Состав сырья установки фракционирования нефти, описание технологической схемы процесса, требования к продуктам, математическая модель колонной части установки фракционирования нефти с рекуперативным теплообменом.

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></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>Введение: актуальность работ, целью которых является оптимизация технологической схемы процесса ректификации нефти и технологических параметров, использование метода математического моделирования для оптимизации. ТЭО: математическое моделирование многокомпонентной ректификации. Теоретический раздел: физико-химические основы процесса фракционирования нефти, методы расчета и системы автоматизированного проектирования. Аналитический обзор: оптимизация технологической схемы процесса, оптимизация конструкций аппаратов, оптимизация технологических параметров. Постановка задачи исследования. Экспериментальная часть: Выявление зависимости расходов ПЦО в основной атмосферной колонне, температур возвратов на качество целевой дизельной фракции и работу установки с использованием математической модели. Обсуждение результатов. Заключение. Список используемой литературы. Приложение: схемы установки, скриншоты в моделирующей среде.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>нет</p>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p><b>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</b></p>	<p>Доцент кафедры менеджмента, к.э.н. Рыжакина Т.Г.</p>
<p><b>Социальная ответственность</b></p>	<p>Ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности Немцова О.А.</p>
<p><b>Экспериментальная часть</b></p>	
<p><b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b></p>	
<p>_____</p>	
<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	<p><b>10.02.2017 г.</b></p>

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ХТТ и ХК	Грязнова И.А			10.02.2017 г.

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д23	Иванова Юлия Игоревна		10.02.2017 г.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д23	Ивановой Юлии Игоревне

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	ХТПЭ и УМ

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использование информации, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах и изданиях, нормативно-правовых документах.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	

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

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Проведение предпроектного анализа. Определение целевого рынка и проведение его сегментирования. Выполнение SWOT-анализа проекта.
2. Определение возможных альтернатив проведения научных исследований	Определение целей и ожиданий, требований проекта. Определение заинтересованных сторон и их ожиданий.
3. Планирование процесса управления НИИ: структура и график проведения, бюджет, риски.	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективностей.	Проведение оценки экономической эффективности исследования.

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

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИИ
4. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ
5. Сравнительная эффективность разработки

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К.Э.Н		

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д23	Иванова Юлия Игоревна		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
3 – 2Д23	Ивановой Юлии Игоревне

<b>Институт</b>	<b>ИПР</b>	<b>Кафедра</b>	Химическая технология топлива и химической кибернетики
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов

<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	<i>Моделирование атмосферной колонны установки первичной переработки нефти с целью улучшения качества дизельной фракции</i>	
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>		
<p>1. <i>Производственная безопасность</i></p> <p>1.1 <i>Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;</li> <li>– действие фактора на организм человека;</li> <li>– приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</li> <li>– предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)</li> </ul>	<p><i>Анализ вредных факторов:</i></p> <p><i>Отклонение показателей микроклимата на открытом воздухе и в помещении.</i></p> <p><i>Утечка токсичных и вредных веществ.</i></p> <p><i>Недостаточная освещенность рабочей зоны</i></p>	
<p>1.2 <i>Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– механические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– термические опасности (источники, средства защиты);</li> <li>– электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);</li> <li>– пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)</li> </ul>	<p><i>Анализ опасных факторов:</i></p> <p><i>Электробезопасность.</i></p> <p><i>Пожаробезопасность.</i></p>	
<p>2. <i>Экологическая безопасность:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– защита селитебной зоны</li> <li>– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);</li> <li>– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);</li> </ul>	<p><i>Мероприятия по снижению выбросов вредных веществ</i></p> <p><i>Мониторинг воздушного бассейна</i></p>	

<ul style="list-style-type: none"> <li>– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);</li> <li>– разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.</li> </ul>	
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– перечень возможных ЧС на объекте;</li> <li>– выбор наиболее типичной ЧС;</li> <li>– разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;</li> <li>– разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС;</li> <li>– разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий</li> </ul>	Возможные ЧС на объекте: пожар, взрыв.
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны</li> </ul>	<p>Основные направления политики в области охраны труда.</p> <p>Мероприятия работодателя для решения поставленных целей и задач</p>

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

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Немцова О.А.			

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3 – 2Д23	Иванова Ю. И.		



## Планируемые результаты обучения (ООП 18.03.01)

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1), <b>СДИО(п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)</b>
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), <b>СДИО (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)</b>
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1,5,8,9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), <b>СДИО (1.2, 2.1, 4.5)</b>
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4,21,22,23,24,25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), <b>СДИО (п. 2.2)</b>
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <b>выводить на рынок новые материалы</b> , соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,10,12,13,14,15, ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5) <b>СДИО (п. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)</b>
<i>Общекультурные компетенции</i>		
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5,9,10,11), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), <b>СДИО (п. 2.5)</b>
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,7,8,12), Критерий 5 АИОР (2.6), <b>СДИО (п. 2.4)</b>
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве, ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3) <b>СДИО (п. 4.7, 4.8, 3.1)</b>

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа: 133 страниц, 17 рисунков, 42 таблица, 43 источника литературы.

**Ключевые слова:** многокомпонентная ректификация, математические модели; фундаментальное, эмпирическое, гибридное моделирование; ПЦО (промежуточное циркуляционное орошение).

Объектом исследования является атмосферная колонна установки первичной переработки нефти.

Целью работы является промежуточное циркуляционное орошение, исследование влияния расходов и температур возвратов промежуточных циркуляционных орошений основной атмосферной колонны на качество и количество получаемой дизельной фракции из основной атмосферной колонны с помощью математической модели действующей установки фракционирования нефти.

В процессе работы проведено моделирование установки в среде HYSYS, выполнен анализ технологии получения дизельного топлива, найден оптимальный режим подачи ПЦО.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2007.

## **Оглавление**

ВВЕДЕНИЕ	13
<b>1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ</b>	<b>17</b>
<b>2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ</b>	<b>27</b>
2.1. Физико-химические основы процесса фракционирования нефти	27
2.2. Равновесие в системах жидкость – пар	29
2.3. Методы расчета и системы автоматизированного проектирования	33
<b>3. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР</b>	<b>48</b>
3.1. Оптимизация технологической схемы процесса	48
3.2. Оптимизация конструкций аппаратов	50
3.3. Оптимизация технологических параметров	53
<b>4. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ</b>	<b>59</b>
<b>5. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ</b>	<b>60</b>
5.1 Описание технологической схемы установки	64
5.2 Влияние расходов ПЦО на качество и выходы дизельной фракции	72
5.3 Влияние температуры ПЦО	76
5.4 Обсуждение результатов	85
<b>6. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕССУРСО-ЭФФЕКТИВНОСТЬ, РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ</b>	<b>89</b>
6.1 SWOT – анализ	90
6.2 Расчет экономической эффективности производства	91
6.3 Планирование себестоимости продукции	97
6.4 Финансовый план	104
6.5 Определение технико-экономических показателей	105
6.6 Анализ безубыточности	106
<b>7 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ</b>	<b>108</b>
<b>7.1 Производственная безопасность</b>	<b>108</b>
7.1.1 Отклонение показателей микроклимата в помещении	108

7.1.2 Недостаточная освещенность рабочей зоны	109
7.1.3 Утечка токсичных и вредных веществ в атмосферу	110
<b>7.2 Анализ опасных факторов</b>	<b>111</b>
7.2.1 Пожарная опасность	111
7.2.2 Опасность поражения электрическим током	112
<b>7.3 Экологическая безопасность</b>	<b>113</b>
7.3.1 Мероприятия по снижению выбросов вредных веществ	115
7.3.2 Мониторинг воздушного бассейна	117
<b>7.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях</b>	<b>120</b>
<b>7.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности</b>	<b>121</b>
7.5.1 Ключевые принципы, цели и задачи, выполненные работодателем	121
7.5.2 Основные направления политики в области охраны труда	122
7.5.3 Мероприятия работодателя, для решение поставленных целей и Задач	124
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b>	<b>124</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b>	<b>127</b>

## **ВВЕДЕНИЕ**

Ректификационные системы являются сложными технологическими (процессными) установками с нелинейным динамическим поведением, обусловленным нелинейностью уравнений парожидкостного равновесия и сложной структурой технологической схемы: пред фракционирование, боковые погоны, множественность мест ввода питания, высокие требования к чистоте продуктов разделения и т.д.

Их динамика - это смесь быстрых изменений расхода пара, средних по скорости изменений расхода жидкости и очень медленных изменений состава на тарелках.

Эффективный контроль ректификационных колонн может улучшить выход продукции, уменьшить энергопотребление, увеличить мощность установки, улучшить качество продукции, повысить надежность и безопасность процесса. Поэтому для колонн необходима система управления из-за нелинейного поведения и плохо обусловленной (определенной) природы. Плохо определенные параметры вызывают гидравлические, сепарационные, технологические (температуры, давления) ограничения, которые, в свою очередь, вызывают трудности разработки систем контроля и управления.

Оптимизация – целенаправленная деятельность людей, которая заключается в получении наилучших результатов при соответствующих условиях. Критерий оптимальности – количественная оценка оптимизируемого качества объекта. Это главный признак, по которому судят о том, насколько хорошо функционирует система, по которой работает данный процесс. В зависимости от конкретных условий в качестве критерия оптимальности можно выбрать технологический критерий, например, максимальный/требуемый выход продукции; экономический критерий,

например, минимальная стоимость продукции при заданной производительности. Иногда используют совокупные критерии.

Система автоматизированного проектирования — автоматизированная система, реализующая информационную технологию выполнения функций проектирования, представляет собой организационно-техническую систему, предназначенную для автоматизации процесса проектирования, состоящую из персонала и комплекса технических, программных и других средств автоматизации его деятельности. Также для обозначения подобных систем широко используется аббревиатура САПР.

Достижения в области моделирования должны широко применяться в химической технологии, поскольку это обеспечивает возможность быстрого расчета параметров процесса на стадии проектирования, вовремя работы установок, в стационарном режиме работы установки и во внештатных ситуациях, когда как раз можно оценить эффективность модели. Прогнозирование поведения ректификационных колонн, прогнозирование нагрузок на ректификационную колонну в случае нарушения режима является очень интересным примером использования моделирования в промышленности. Целью моделирования, расчета химико-технологических систем является наилучшая реализация химико-технологического процесса, то есть его оптимизация.

Существует несколько основных путей оптимизации (оптимизация технологических параметров, технологической схемы процесса, конструкций аппаратов и пути, совмещающие выше перечисленные. Для оперативного и точного решения поставленных задач оптимизации целесообразно использовать метод математического моделирования.

Для моделирования ректификационных колонн используются модели, которые можно подразделить на три категории:

фундаментальные модели (ФМ), которые разработаны на основе уравнений баланса массы, энергии и импульса процесса;

эмпирические модели (ЭМ), которые получены из данных входа-выхода процесса; гибридные модели (ГМ), основанные на объединении первых двух типов моделей.

Вообще, полезность нелинейной модели может быть оценена только в конфликтной (нештатной) ситуации, и нелинейные модели не представляют собой единого класса.

Существуют 4 очень важных показателя полезности модели процесса:

легкость разработки;

приемлемая точность;

пригодность для управления;

физическая интерпретация процесса.

Фундаментальные модели - математическое представление, основанное на понимании физического процесса, протекающего в системе. Модели основаны на применении уравнений переноса массы, энергии и импульса. Эти модели, известные также как модели «первого принципа», обычно содержат порядка  $10^2$  -  $10^3$  нелинейных дифференциальных уравнений и примерно столько же уравнений алгебраических. Эти модели сильно ограничены из-за сложности их структуры и большого числа параметров.

Параметры модели устанавливаются лабораторными исследованиями и текущими оперативными данными. До тех пор, пока базовые предположения остаются правильными, модель способна экстраполировать данные в областях, которые не представлены в наборе данных, задействованных при ее разработке.

Основные притягательные черты моделей, основанных на базовых законах, их глобальная правильность, как правило, большая точность и возможность более полного понимания процесса. Однако, фундаментальные модели слишком сложны для разработки контроллеров и характеристики процесса для фундаментальных моделей получены на основании некоторых предположений, которые могут оказаться ложными.

ЭМ, основанные на принципе черного ящика, могут быть получены в отсутствие априорных физических данных, и наиболее значимой является информация входа-выхода процесса, полученная при эксплуатации (измерения технологических параметров). Эти модели описывают функциональные соотношения между входом и выходом системы и детального понимания процесса не требуют. Таким образом, можно избежать сложности модели и облегчить вычислительную нагрузку на контроллер. Эмпирические модели могут точно представлять нелинейные соотношения в области, содержащей данные, использованные для построения модели даже в присутствии неизмеренных возмущений параметров. Результаты работы моделей зависят не только от точности измерений, но и от схожести анализируемой ситуации и ситуации, в которой проводились измерения.

Третья группа - это гибридные модели, полученные комбинированием фундаментальных и эмпирических моделей. Большинство знаний о процессе получают из фундаментальных моделей, в то время как данные входа - выхода используются для трудно формализуемых сторон процесса. Обычный метод

разработки гибридных моделей - использование эмпирических моделей для оценки неизвестных функций в фундаментальной модели или использование фундаментальной модели для описания основных характеристик процесса и использование нелинейных эмпирических моделей для описания остаточных расхождений между моделью и реальным производством [6].



## 1 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Модели бинарной и многокомпонентной ректификации широко используются в мире, контроллеры со встроенными моделями – линейными, нелинейными (которые более точно, как правило, описывают процесс) и упрощенными, системы автоматического контроля и управления ректификационными колоннами, контроль и управление с функцией предсказания поведения колонны – очень полезные примеры использования моделирования в химической технологии. Существует не один десяток патентов в этой области, часть из которых приведена ниже.

Система автоматического контроля для управления аппаратами химической технологии была разработана в США [1]. Системы автоматического контроля, например, средней температуры внутри ректификационной колонны, используют комбинацию контроля обратной связи с одной, как минимум, переменной величиной реальной промышленной установки и встроенного динамического моделирования реального времени этой переменной.

Электронный строитель математических моделей [2]. Это изобретение

Имеет отношение к области обработки информации с помощью цифровых вычислительных машин, и особенно, к вводу и обработке информации с помощью специальных прикладных программ, крупноформатных таблиц.

Изобретение представляет собой электронный строитель математических моделей, который включает в себя память для хранения данных, процессор для определения ячеек элемента, на которые есть ссылки в программе, записанных в памяти с индивидуальными идентификаторами для ввода данных в ячейку и для переработки данных, хранящихся в ней, пользовательский интерфейс с дисплеем для отображения данных элементов в рабочей области, средств для создания и установки в нужное место параметров и входных данных, функциональный строитель для построения

математических отношений между элементами процесса, соединяющий поле для спецификаций пользователя желаемых функций, полученных с помощью математических операторов и входных переменных функции, ряда элементов цели, содержащих значения функции.

Контроль ректификационных колонн, основанный на нелинейной модели. [3]

В процессе ректификации, который представляет собой бинарную или ограниченную многокомпонентную сепарацию, и в котором фиксирование ряда характеристик обоих продуктовых потоков является желательным, используются компьютерные программы для осуществления управления и контроля, основанного на модели. Многовариантное автономное управление и регулирование процесса ректификации достигается с использованием нелинейной модели, которая рассчитывает расходы паровых потоков и дистиллята, требуемые для фиксирования характеристик продуктов. Модель, которая применяет потарелочный расчет, получена из Мак Кэба - Тиле анализа, периодически совершенствуется с изменением эффективности тарелки, основанном на измерениях составов устойчивых стационарных состояний; это делается для сохранения модели способной работать в изменяющихся условиях.

Модель предохраняет действующую ректификационную колонну от условий превышения ограничений, пока есть эти ограничительные условия работы колонны, определяющие, какой из двух продуктовых потоков более ценный, и тогда замещающие ограничения оцениваются для использования переменных точно измеренного процесса в расчетах модели. Таким образом, нормальный текущий контроль аннулируется, когда появляются ограничения процесса. В этом случае стратегия контроля и управления меняется. Предсказывающий контроль, основанный на обобщенной модели ректификации и под процесса дегидрирования в производстве биотоплива [4].

Система и метод комплексного управления процессом ректификации и процесса дегидрирования внутри процесса производства биотоплива состоит из контроллера, работающего на основе динамической многомерной модели, в сочетании с моделью динамического многовариантного предсказания. Модель используется для: получения информации о процессах, включающей составы

биотоплива, получения цели на выходе процесса производства биотоплива из процессов ректификации и дегидрирования, например, целевых концентраций продукта, выхода продукции и/или расход питания; произведенные моделью результаты включают целевые значения для множества манипулируемых переменных этих процессов в соответствии с поставленными целями. Контроллер способен динамически контролировать процесс производства биотоплива с помощью оценки множества манипулируемых переменных для целей, определенных моделью, в соответствии с целями процесса в целом. Контроль процесса фракционной перегонки [5].

В процессе фракционной перегонки, где важно определить желаемые составы продуктовых потоков – дистиллята и куба, заданные значения расходов наружного/холодного орошения понижаются, повышаются на инкрементные величины или остаются постоянными, это основано на знании концентрации тяжелого ключевого компонента в потоке дистиллята и концентрации легкого ключевого компонента в кубовом продуктовом потоке выше максимального ограничения, ниже минимального ограничения или между ними. В то же время, температура также изменяется на возрастающую величину или остается постоянной в зависимости от некоторых факторов. Использование заданных значений для контроля процесса обеспечивает контроль составов продуктов без использования контроллеров анализа. Система и методология адаптивного линейного модельного прогнозирующего контроля, основанного на модели строгого нелинейного процесса [6].

Методология моделирования и контроля процесса и осуществление работы системы программного обеспечения этой методологии включает строгую нелинейную модель процесса, появление соответствующих линейных моделей, полученных из строгой модели и контроллер с функцией прогноза, построенный на адаптивной линейной модели, который использует полученные линейные модели. Пространство состояний, многовариантный контроллер на основе предсказывающей модели – предпочтительный выбор с тех пор, как нелинейные модели аналитически стали переводить в совокупности линейных уравнений состояния и эти упрощенные линеаризованные уравнения в форме модели используются контроллером.

Варьируя различные формы моделирования прогнозирующих контроллеров, работающих на линейных моделях, полученных из нелинейных, можно использовать передаточную функцию, коэффициенты импульсных и переходных характеристик. Эта методология распространена и является наиболее обобщенной, поэтому разные модельные прогнозирующие контроллеры, использующие одну из двух вышеизложенных форм моделирования, могут использоваться в качестве контроллеров. Методология также включает различные модули, которые улучшают достоверность и производительность контроллеров. Например, существуют данные для модуля предварительной подготовки, используемые для предоперационных измерений параметров процесса для обнаружения грубых ошибок или предотвращения их накопления. Взаимодействия данных и модуль оценки параметров используется для корректировки инструментальных ошибок и для оценки параметров модели, основанной на текущих режимах работы. Полная модель пространства состояний может быть упрощена с помощью использования модуля сокращения/упрощения порядка для получения модели контроллера. Настройка автоматизированного контроллера прогнозирующей модели обеспечивает улучшение контроля систем. Динамический контроллер, использующий гибридную модель. [7]

Система и контроль предсказания поведения завода или процесса получают на основе входных данных производства или отдельно взятого процесса. Полнота нелинейных моделей может быть определена в соответствии с локальным пространством входа вводимых переменных. Нелинейная модель может включать эмпирическое представление процесса. Если достоверность выше первого порядка, то нелинейная модель может быть использована для обеспечения значений первых выходных данных. Однако, если она ниже, то линеаризованная фундаментальная модель используется для вторых выходных данных. Линеаризованная фундаментальная модель может включать аналитическое представление процесса. Кроме того, это аналитическое представление может быть независимо от эмпирического представления процесса или производства в целом. Первые и/или вторые выходные значимые результаты могут быть использованы для управления производством/процессом.

Контроль и управление ректификационной колонной [8].

Система контроля и управления колоннами фракционной перегонки, где питание подводится, как минимум, через один сепаратор, устанавливает, перегружена ли ректификационная колонна, таким образом, с помощью мониторинга перегрузка предотвращается. Контрольные параметры ректификационной колонны, где указано, что она перегружена, фиксируются. Поток питания через сепаратор можно менять для установления контрольного параметра, который покажет, что колонна перегружена внутри желаемого ограничения/лимита. Также поток питания через сепаратор можно менять для установления определенного уровня жидкости в сепараторе. Процесс контроля и управления ректификационными колоннами. [9]

Процесс управления колонной, в которой сырье/питание разделяется на продукт, выходящий из вершины колонны, имеющий заранее определенный состав с конкретной концентрацией высококипящего компонента, и продукт из куба колонны, имеющий заранее определенный состав, значение

концентрации низкокипящего компонента. Процесс включает шаги расчета желаемых значений расходов продукта из куба колонны в соответствии с материальным балансом, контролирование расхода потока из куба в соответствии с корректируемым желаемым значением, которое получено из одного из отклонений между реальными и желаемыми составами продуктовых потоков, или ограниченными значениями, зависящими от размера и направления отклонения. Флегма, полученная из части продуктового потока дистиллята, возвращенная в колонну для орошения, также контролируется в соответствии с направлением отклонения, его размером. Таким образом, разработка моделей для управления процессами разделения смесей является востребованной задачей современного инжиниринга. Анализ технологического процесса ректификации как объекта автоматического управления.

Ректификация относится к основным процессам химической технологии. Показателем его эффективности является состав целевого продукта. В зависимости от технологических особенностей целевым продуктом может быть как дистиллят, так и кубовый остаток. Поддержание постоянного состава целевого продукта и является целью управления. В дальнейшем будем считать целевым продуктом дистиллят.

Ректификационная установка представляет собой сложный объект управления со значительным временем запаздывания с большим числом параметров, характеризующих процесс, с многочисленными взаимосвязями между ними.

В объекте возникают такие возмущения, как изменения начальных параметров исходной смеси, а также тепло- и хладоносителей, изменения свойств теплопередающих поверхностей, что связано с отложением веществ на стенках.

Концентрация искомого компонента в дистилляте — показатель эффективности — зависит самым непосредственным образом от начальных параметров исходной смеси. Расход сырья можно стабилизировать,

используя регулятор расхода. Диафрагма и исполнительное устройство этого регулятора должны быть установлены до теплообменника.

Рассмотрим возможности регулирования режимных параметров верхней (укрепляющей) части ректификационной колонны, которые непосредственно определяют состав дистиллята.

Зависимость состава паров, выходящих из укрепляющей части колонны (а значит, и состава дистиллята), определяется концентрацией целевого продукта в сырье, температурой кипения жидкости и давлением паров над жидкостью. Для получения определенной концентрации в соответствии с правилом фаз следует поддерживать на определенном значении только два из перечисленных параметров.

Давление легко стабилизировать изменением расхода пара из колонны. Исполнительное устройство при этом устанавливают не на шлемовой трубе, соединяющей верхнюю часть ректификационной колонны с дефлегматором, а на линии хладоносителя, поступающего в дефлегматор.

Стабилизация давления в верхней части колонны необходима не только для поддержания заданного состава целевого продукта, но и для обеспечения нормального гидродинамического режима колонны. Сравнительно просто регулировать также и концентрацию изменением расхода флегмы: чем выше этот расход, тем больше низкокипящего компонента будет в жидкости, и наоборот.

На практике часто регулируют состав паров (а в отдельных случаях и непосредственно состав дистиллята) изменением расхода флегмы. Регулирующий орган во всех случаях может быть установлен как на линии флегмы, так и на линии дистиллята, что равноценно. В качестве анализаторов состава в промышленности используют хроматографы и газоанализаторы.

Итак, для достижения цели управления необходимо стабилизировать давление и состав жидкости в верхней части колонны. Необходимость стабилизации давления паров в кубе отпадает, так как ректификационная колонна обладает хорошо выраженными свойствами самовыравнивания по

этому параметру. Этому нельзя сказать о температуре (составе) жидкости в кубе. Изменение расхода флегмы с целью регулирования второго параметра приводит к изменению параметров в кубе колонны лишь через несколько часов. В связи с этим для поддержания нормального режима в кубе возникает необходимость независимого регулирования одного из этих параметров. Обычно стабилизируют температуру. Итак, в кубе колонны следует регулировать температуру.

Регулирующие воздействия в нижней части колонны можно осуществлять изменением расходов кубового остатка и теплоносителя, подаваемого в кипятильник. Если учесть, что один из них, а именно расход остатка, следует использовать для поддержания материального баланса, то единственным регулирующим воздействием при регулировании температуры является изменение расхода теплоносителя.

Таким образом, если целевым продуктом является дистиллят, то для достижения цели управления следует регулировать расход исходной смеси, температуру исходной смеси, давление в верхней части колонны, состав жидкости в верхней части колонны, температуру и уровень жидкости в кубе. Контролю подлежат: расход исходной смеси, дистиллята, флегмы, остатка, тепло- и хладоносителей; состав и температура конечных продуктов; температура исходной смеси, тепло- и хладоносителя; уровень в кубе колонны; температура по высоте колонны; давление в верхней и нижней частях колонны, а также перепад этих давлений.

Математическое моделирование внедряемой атмосферной колонны первичной переработки нефти требуется для того, чтобы улучшить качество дизельной фракции. Предварительный расчет важных параметров аппарата позволит определить нагрузку на внедряемый аппарат, так же позволит рассчитать выход дизельной фракции. В данной работе дизельная фракция выделена как основная, поэтому в ходе расчетов будет выявлено качество и количество выделяемой дизельной фракции.



В работе смоделирована технологическая схема установки фракционирования нефти. Представлена математическая модель колонной части установки фракционирования нефти с рекуперативным обменом.

Проведены расчеты ресурсоэффективности и ресурсосбережения в которые включены:

- оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.
- Определение возможных альтернатив проведения научных исследований.

В работе проведено моделирование колонны и всей технологической схемы в прикладной среде HYSYS, которое позволит максимально приблизить условия моделирования к реальным условиям эксплуатации установки. Данное моделирование позволит рассчитать и оценить возможность модернизации установки первичной переработки нефти путем включения атмосферной колонны. Модернизация поможет улучшить качество выхода дизельной фракции при первичной переработки.

Высокая надежность микропроцессорных программируемых контроллеров (МПК) обеспечивается путем аппаратного резервирования (дублирования или троирования) устройства в целом или отдельных информационных каналов. Живучесть выполняемых функций достигается высокой степенью их распределения по аппаратным средствам за счет применения функциональных плат.

В составе автоматизированного места оператора-технолога функционируют подсистемы отображения информации, автоматического контроля и сигнализации, связи оператора с технологическим процессом и системой.

Подсистема отображения реализует информационную модель управляемого объекта в виде последовательности кадров, вызываемых на экране цветных графических терминалов. Каждый кадр представляет собой мнемосхему участка технологического процесса с текущими значениями соот-

ветствующих переменных, набор графиков изменения этих переменных во времени или гистограмм распределения нарушений для границ различного уровня.

## **2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ**

### **2.1 Физико-химические основы процесса фракционирования нефти**

Фракционирование – разделение многокомпонентной смеси на отдельные компоненты (фракции), основанное на процессе ректификации.

Ректификация – процесс разделения однородных жидких смесей, состоящих из нескольких компонентов, за счет противоточного взаимодействия двух фаз: жидкости и пара, образующегося из этой жидкости; тепломассообменный процесс разделения жидких смесей, компоненты которых отличаются по температурам кипения.

Ректификация осуществляется в колонных аппаратах, имеющих тарелки или насадки, а также пленочные колонны. В процессе ректификации по всей высоте колонны происходит непрерывный обмен между жидкой и паровой фазой. Жидкая фаза обогащается высококипящим компонентом, а паровая фаза – низкокипящим.

Высококипящий компонент – компонент смеси, имеющий наименьшее давление паров при данной температуре по сравнению с давлением паров других компонентов смеси и наибольшую температуру кипения при одинаковом для всех компонентов смеси давлении.

Низкокипящий компонент – компонент смеси, имеющий наибольшее давление паров и наименьшую температуру кипения.

Процесс ректификации предназначен для разделения жидких смесей на практически чистые компоненты или фракции, различающиеся температурой кипения.

Жидкость, выходящая из верхней части колонны и отбираемая как готовый продукт называется дистиллятом (ректификатом).

Жидкость, выходящая из верхней части колонны и возвращаемая в колонну, называется флегмой. Жидкость, выходящая из нижней части колонны, называется кубовым остатком.

Различают несколько видов ректификации:

1. Непрерывная бинарная ректификация.
2. Периодическая ректификация. Работает для укрепления паров.

Применяют в тех случаях, когда использование непрерывной нецелесообразно: если разделение смеси требует определенного времени для накопления продуктов и их количество невелико или в условиях часто меняющегося состава исходной смеси. Периодическая ректификация может осуществляться двумя способами:

- а) При постоянном флегмовом числе
- б) При постоянном составе дистиллята

3. Экстрактивная ректификация. Применяется для разделения бинарной смеси, летучести компонентов которой близки. Для облегчения разделения такой смеси и упрощения устройства ректификационной колонны в смесь добавляется третий компонент – экстрагент.

4. Азеотропная ректификация. Применяется для разделения азеотропных смесей, т.е. смесей, имеющих точки на фазовых диаграммах, в которых составы пара и жидкости равны. Для этого к смеси добавляется другой компонент, образующий с одним из компонентов исходной смеси новую более летучую азеотропную смесь. Новая смесь отгоняется в качестве дистиллята, другой чистый компонент выводится в виде кубового остатка.

Факторы, оказывающие влияние на процесс ректификации:

1. Разность между рабочими и равновесными концентрациями. Чем больше разность, тем скорость массообмена выше.
2. Разность между температурами кипения кубовой жидкости и дистиллята. Чем выше разность, тем большее происходит обогащение пара низкокипящим компонентом, а стекающей вниз флегмы – высококипящим.
3. Физические свойства сред. Иногда возможно существенное изменение физических свойств сред по высоте колонны, что может повлиять не только на скорость массопереноса, но и на величину поверхности контакта фаз (ухудшение или улучшение смачиваемости насадки, изменение размеров

пузырьков и т.д.), что может быть связано с изменением поверхностного натяжения жидкости вследствие изменения ее состава и температуры.

## 2.2 Равновесие в системах жидкость – пар

Для идеальных растворов характерно то, что сила взаимодействия между всеми молекулами равна. При этом общая сила, с которой молекула удерживается в смеси, не зависит от состава смеси. Следовательно, парциальное давление в этом случае должно зависеть лишь от числа молекул, достигающих в единицу времени поверхности жидкости со скоростью, необходимой для преодоления сил внутреннего притяжения молекул, т.е. парциальное давление компонента возрастает пропорционально его содержанию в жидкой смеси. Эта зависимость выражается законом Рауля:

$$p_A = P_A^0 \cdot x_A \text{ и } p_B = P_B^0 \cdot (1 - x_A),$$

где  $p_A, p_B$  – парциальные давления компонентов А и В;  $P_A^0, P_B^0$  – давления паров чистых компонентов А и В;  $x_A, (1 - x_A)$  – мольные доли компонентов А и В.

По закону Дальтона парциальные давления паров в системе

$$p_A = P y; p_B = P \cdot (1 - y),$$

где  $P$  – общее давление паров в системе;  $y, (1 - y)$  – мольные доли компонентов А и В.

Для установившегося равновесия из уравнений законов Рауля и Дальтона

$$p_A = P y \text{ и } 1 - y = \frac{P_B}{P} \cdot (1 - x)$$

Поскольку процессы в аппаратах осуществляются практически всегда при изобарических условиях, равновесную зависимость рассматриваемого

процесса можно представить как функции двух переменных  $t - x$ ,  $t - y$  и  $y - x$ . При этом графики  $t - y$  и  $t - x$  можно совместить (рис.1)

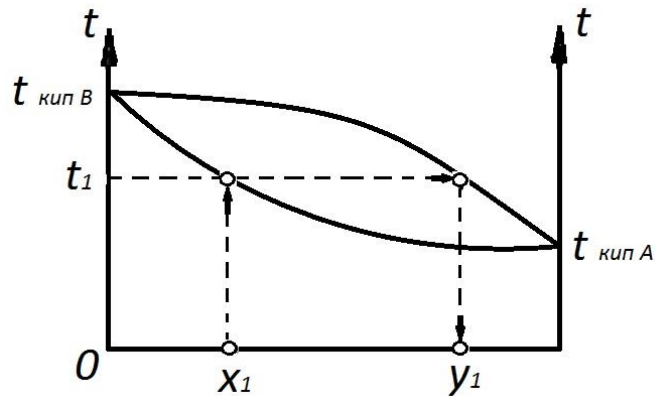


Рисунок 1 -Зависимость температуры парожидкостной системы от состава фаз в условиях равновесия

Нижняя ветвь на диаграмме отвечает температурам кипения жидкой смеси, верхняя – температурам конденсации паровой смеси.

Используя диаграмму (рис.1), можно по составу жидкой фазы  $x_1$  найти равновесный ей состав пара  $y_1$  и температуру в системе  $t_1$ .

Для идеальных смесей в соответствии с законами Рауля и Дальтона можно записать

$$y = \frac{P_A x}{P} = \frac{P_A x}{P_A x + P_B (1 - x)} = \frac{P_A x}{P_B + (P_A + P_B) x}$$

Введя величину относительной летучести компонента А по отношению к компоненту В

$$\alpha = \frac{P_A}{P_B}$$

получаем

$$y = \frac{\alpha x}{1 + (\alpha - 1)x}$$

Графическая зависимость этого уравнения для разных давлений в системе представлена на рис.2

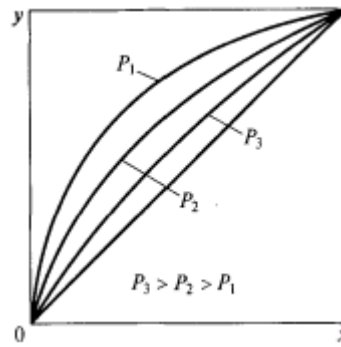


Рисунок 2 - Влияние изменения давления на положение равновесной кривой для идеальных смесей

Поскольку отношение  $P_A$  и  $P_B$  не являются постоянными в диапазоне температур кипения разделяемых компонентов, в уравнение следует вводить среднее уравнение относительной летучести

$$\alpha_{\text{ср}} = \sqrt{\alpha_1 \alpha_2},$$

где  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  – относительные летучести компонентов А и В.

Также следует учитывать, что равновесие в рассматриваемой смеси зависит от давления в системе (рис.2).

Кроме идеальных систем существуют реальные системы, характеризующиеся положительными или отрицательными отклонениями от закона Рауля (рис.3)

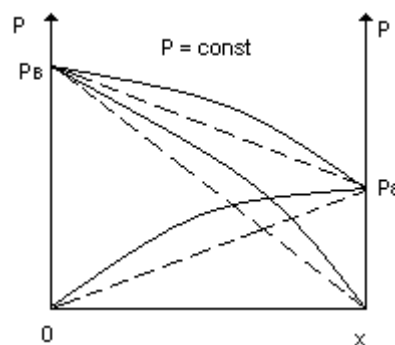


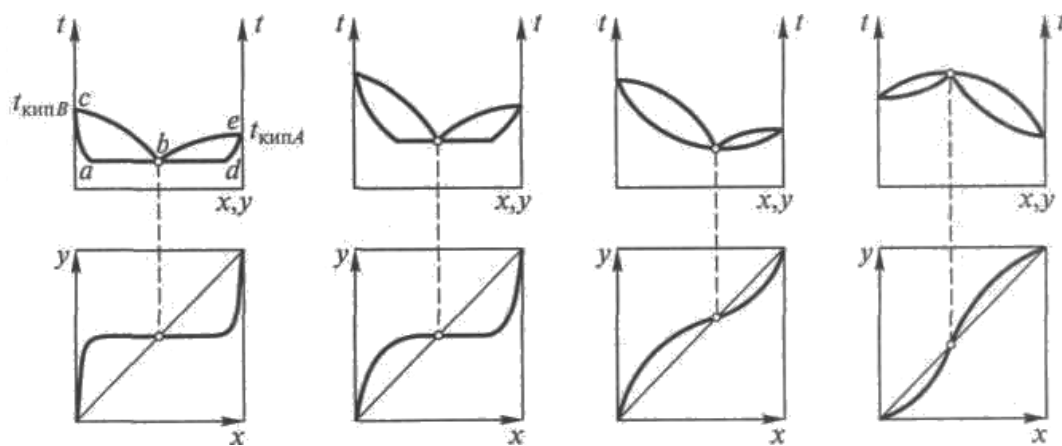
Рисунок 3 - Диаграмма p – x для смеси с положительным отклонением от закона Рауля

По степени растворимости компонентов смеси жидкостей можно разделить на три группы: взаимно растворимые в любых соотношениях, частично растворимые и взаимно нерастворимые.

Взаимная растворимость жидкостей обычно увеличивается с повышением температуры. Взаимно растворимые жидкости можно разделить на следующие группы:

1. Идеальные растворы. Подчиняются закону Рауля.
2. Нормальные растворы – смеси, частично отклоняющиеся от закона Рауля, но не образующие азеотропных смесей, т.е. смесей
3. Неидеальные растворы – смеси, значительно отклоняющиеся от закона Рауля, в том числе образующие азеотропные смеси.

Для реальных систем представлены диаграммы  $t - x, y$  и  $x - y$  на рис.4



а) б) в) г)

Рисунок 4 - Равновесные кривые для различных типов бинарных смесей:

а – равновесная зависимость; б – для частично растворимых смесей; в, г – для хорошо растворимых смесей с минимумами и максимумами температур кипения

На приведенных диаграммах имеются точки пересечения равновесной линии с диагональю, в которых состав пара равен составу жидкости. Эти точки называются точками азеотропного состава, в которых системы находятся в термодинамическом равновесии, и разделение их методами дистилляции и ректификации невозможно. [21]



## **2.3 Методы расчета и системы автоматизированного проектирования**

Стратегии управления, основанные на модели, непосредственно встроенные в алгоритм управления, такие как стратегия контроля, основанная на встроенных моделях и предсказывающих моделях, проявили себя существенно лучше по сравнению с обычными методами из-за их способности удовлетворить жесткие производственные требования. Работа контроллеров, основанных на моделях, в основном определяется качеством моделей. Если модель точна и существует инверсная модель (по отношению к времени), то динамика может быть погашена (нейтрализована) благодаря инверсной модели. В результате выходные переменные всегда будут иметь желаемые значения, что означает, что подобные контроллеры обеспечивают совершенное управление процессом [20].

В подобных контроллерах модель процесса может использоваться тремя способами:

- быть непосредственно встроена в алгоритм управления;
- служить для адаптивных изменений алгоритма управления, которые основываются на модельных расчетах;
- использоваться для объединения показаний датчиков с результатами расчета на модели, для получения уточненных параметров процесса, которые используются в алгоритме управления.

Основная проблема в развитии стратегий управления, основанных на модели - разработка моделей. В настоящее время большинство промышленных контроллеров используют линейные модели, хотя они удовлетворительно описывают процесс только в узкой области изменения оперативных параметров. Они способны описывать процесс в окрестности заданной рабочей точки, но когда требуется широкая область изменения параметров и существует жесткая спецификация на продукты, нелинейность становится критической, и контроль ухудшается.

Поскольку большинство процессов не линейны, то наряду с высокими требованиями к качеству продукции, растущими требованиями к производительности, жесткими природоохранными ограничениями, и экономическими соображениями, они должны работать ближе к границе допустимой области параметров. В этих случаях линейные модели по своей сути неспособны описать огромную область важных динамических явлений.

Интересен пример решения задачи дискретно-непрерывной оптимизации системы ректификационных колонн при выборе оптимальных тарелок питания в замкнутой системе ректификационных колонн. В этом случае критерием оптимальности будет являться номер тарелки, на которую следует подавать питание или вводить рецикловый поток.

Поиск оптимальных решений при проектировании и управлении установками ректификации, обеспечивающими энерго- и ресурсосберегающие режимы, является актуальной проблемой, поскольку, как известно, основные энергозатраты в нефтехимии приходятся на эти процессы. Одной из важных в этой области задач является определение оптимальных тарелок ввода питания и рецикловых потоков в системе ректификационных колонн. Решение данной задачи может осуществляться как на этапе проектирования ректификационных установок, так и при реконструкции и управлении действующими производствами.

Особенно остро задача определения оптимальных тарелок ввода питания ректификационных колонн системы разделения действующего производства встает при изменении состава и агрегатного состояния потока, поступающего на разделение, а также при изменении требований на качество получаемых продуктов. Существенное влияние номера тарелки ввода питания на энергозатраты сказывается при разделении близкикопящих и непрерывных смесей.

Игнорирование факта зависимости номера оптимальной тарелки питания от состава потока, поступающего на разделение, приводит к значительному перерасходу энергии.

Поскольку большинство процессов не линейны, то наряду с высокими требованиями к качеству продукции, растущими требованиями к производительности, жесткими природоохранными ограничениями, и экономическими соображениями, они должны работать ближе к границе допустимой области параметров. В этих случаях линейные модели по своей сути неспособны описать огромную область важных динамических явлений.

Интересен пример решения задачи дискретно-непрерывной оптимизации системы ректификационных колонн при выборе оптимальных тарелок питания в замкнутой системе ректификационных колонн. В этом случае критерием оптимальности будет являться номер тарелки, на которую следует подавать питание или вводить рецикловый поток.

Поиск оптимальных решений при проектировании и управлении установками ректификации, обеспечивающими энерго- и ресурсосберегающие режимы, является актуальной проблемой, поскольку, как известно, основные энергозатраты в нефтехимии приходятся на эти процессы. Одной из важных в этой области задач является определение оптимальных тарелок ввода питания и рецикловых потоков в системе ректификационных колонн. Решение данной задачи может осуществляться как на этапе проектирования ректификационных установок, так и при реконструкции и управлении действующими производствами.

Особенно остро задача определения оптимальных тарелок ввода питания ректификационных колонн системы разделения действующего производства встает при изменении состава и агрегатного состояния потока, поступающего на разделение, а также при изменении требований на качество получаемых продуктов. Существенное влияние номера тарелки ввода питания на энергозатраты сказывается при разделении близкикопящих и непрерывных смесей.

Игнорирование факта зависимости номера оптимальной тарелки питания от состава потока, поступающего на разделение, приводит к значительному перерасходу энергии.

Очевидно, что изменение состава входного потока значительно влияет на суммарные энергозатраты всей технологической установки, включающей систему ректификационных колонн. Задача выбора оптимальных тарелок питания и ввода рецикловых потоков системы РК может быть сведена к перебору возможных вариантов ввода питания и рецикловых потоков, решению для каждого из них задачи оптимизации по непрерывным режимным параметрам и выбору в конечном итоге наилучшего результата. Однако при большом числе колонн и множестве возможных точек ввода питания и рецикловых потоков в эти колонны решение поставленной задачи становится исключительно трудоемким. В связи с этим разработали новый подход к решению задачи оптимизации разомкнутых и замкнутых (систем, в которых имеются рециркуляционные потоки и тепловые обратные связи) систем ректификационных колонн, в которых наряду с непрерывными режимными поисковыми переменными используются дискретные переменные номера тарелок ввода питания и ввода рецикловых потоков в колонны.

По условиям задачи из всего множества возможных тарелок ввода питания для каждой колонны может быть выбрана только одна. Также и рецикловый поток может подаваться только на одну тарелку. Задача относится к классу задач смешанного дискретно-непрерывного программирования. [10]

Что касается расчетов нагрузок на ректификационные колонны, то и тут моделирование (динамическое моделирование) может быть успешно использовано, кроме того, оно имеет ряд преимуществ перед традиционным методом расчета. Определение степени нагрузки на ректификационную колонну является, несомненно, одним из наиболее сложных расчетов. Динамический механизм ректификационных колонн и композиционные изменения их веса делают эти расчеты очень сложными, чтобы точно определить снижение нагрузки для различных случаев.

Кроме того, невозможность программного обеспечения моделирования установившихся процессов, чтобы предсказать поведение колонны в нестабильных условиях, вынуждает инженеров-конструкторов разрабатывать аналитические методы, учитывающие механизмы с достаточным запасом прочности. Это может стать результатом не только увеличенных размеров предохранительных клапанов, но и создания больших и достаточно дорогих факельных систем, которые в свою очередь могут явиться препятствием для жизнеспособности этих систем. Тем не менее, наилучшей имеющейся в распоряжении техникой для расчета степени нагрузки на ректификационную колонну является динамическое моделирование.

В динамических моделях используют систему уравнений сохранения массы и энергии. В отличие от моделирования установившихся процессов эти уравнения включают дополнительные параметры, которые изменяются во времени. Включение накопления параметров в уравнение сохранения массы и энергии позволяет в динамических моделях строго рассчитывать изменения состава веществ в каждой стадии и изменять равновесие пар/жидкость во времени. Это также позволяет интегрировать температуру, давление и расход в колонне относительно времени. Результаты приводят к наиболее точным показателям степени нагрузки. Основным преимуществом динамического моделирования по сравнению с традиционными методами является точность рассчитанных степеней нагрузки.

Способность динамических моделей интегрировать моделируемые переменные во времени и точно рассчитывать различные параметры колонны будет результатом определения наиболее реальных нагрузок. Другое преимущество — это экономия человеко-часов и времени на планирование проектирования. Если традиционный метод требует индивидуального детального анализа на каждый случай нагрузки, то динамическое моделирование экономит часть времени, так как одна динамическая модель может быть использована для различных сценариев нагрузки.

Третье преимущество динамической модели заключается в том, что нагрузка, рассчитанная динамическим моделированием, меньше, чем нагрузка, рассчитанная традиционным методом. Это можно рассматривать как результат снижения издержки, кроме того, в случаях, когда имеются ограничения на мощность систем сжигания газа [11,12].

Синтез оптимальных технологических схем ректификации является одной из основных проблем в химической технологии, так как подсистема разделения является достаточно сложной из-за большого числа различных используемых методов высокого энергопотребления. На ее долю приходится значительная часть энергетических затрат, например, при производстве органических продуктов, до 70%. Сложность выбора оптимального решения определяется высокой поливариантностью технологической схемы и необходимостью сочетания непрерывной и дискретной оптимизации.

Процедура синтеза оптимальной технологической схемы ректификации азеотропных смесей включает в себя два этапа. На первом этапе осуществляется синтез множества вариантов разделения исходной многокомпонентной смеси. Элементами такого множества могут выступать схемы из простых или сложных колонн, а также схемы по структуре соответствующие обратной ректификации. К ним относятся схемы с полностью связанными тепловыми и материальными потоками и схемы с обратимым смешением потоков.

На втором этапе проводится дискриминация всего множества технологических схем ректификации по выбранному критерию. При этом методика поиска оптимальной технологической схемы может предусматривать исследование всего множества схем (метод перебора), целенаправленный поиск (алгоритмические методы), либо использование субъективных оценок (экспертные методы и системы) и эвристических подходов.

В качестве критерия, на основании которого осуществляется дискриминация технологических схем ректификации, используются

различные экономические (себе стоимость продукции, приведенные затраты, средняя прибыль и т.п.) или технологические (качество продуктов, разделительный потенциал и т.п.) показатели, характеризующие процесс разделения. Выбор того или иного критерия оптимизации схемы разделения определяется задачами и целями оптимизации [13].

Разработка современных технологических процессов переработки природного углеводородного сырья и оптимальная эксплуатация действующих производств невозможна без применения моделирующих программ, имеющих высокую точность описания параметров технологических процессов и позволяющих без значительных материальных и временных затрат производить исследования этих процессов.

Такие модельные исследования имеют огромное значение не только для проектирования, но для функционирования существующих производств, так как позволяет учесть влияние внешних факторов (изменение состава сырья, изменение требований к конечными промежуточным продуктам и т.д.) на показатели действующих производств. В настоящее время инженерам-технологам доступно большое число программных средств моделирования химико-технологических процессов. Эти средства в основном разработаны фирмами США и Канады. По оценкам “Chemputers”, рынок программных средств для моделирования химико-технологических процессов и инженерных расчетов, включая программы для тренировки персонала и средства автоматизации производств, достигает в настоящее время миллиарда долларов.

В основу всех средств моделирования заложены общие принципы расчетов материально – тепловых балансов химических производств (т.е. производств, связанных с изменением агрегатного состояния, компонентного и химического состава материальных потоков). Как правило, любое производство состоит из стадий (элементов), на каждой из которых производится определенное воздействие на материальные потоки и превращение энергии.

Последовательность стадий обычно описывается с помощью технологической схемы, каждый элемент которой соответствует определенному технологическому процессу (или группе совместно протекающих процессов). Соединения между элементами технологической схемы соответствуют материальными энергетическим потокам, протекающим в системе. В целом моделирование технологической схемы основано на применении общих принципов термодинамики к отдельным элементам схемы и к системе в целом.

Любая система моделирования включает набор следующих основных подсистем, обеспечивающих решение задачи моделирования химико-технологических процессов:

- Набор термодинамических данных по чистым компонентам (база данных) и средства, позволяющие выбирать определенные компоненты для описания качественного состава рабочих смесей.

- Средства представления свойств природных углеводородных смесей, главным образом – нефтей и газоконденсатов, в виде, приемлемом для описания качественного состава рабочих смесей, по данным лабораторного анализа.

- Различные методы расчета термодинамических свойств, таких как коэффициента фазового равновесия, энтальпии, энтропии, плотности, растворимости газов и твердых веществ в жидкостях и фугитивности паров.

- Набор моделей для расчета отдельных элементов технологических схем – процессов.

- Средства для формирования технологических схем из отдельных элементов.

- Средства для расчета технологических схем, состоящих из большого числа элементов, определенным образом соединенных между собой.

- Термодинамические данные по чистым компонентам.

Обычно моделирующая система включает различные методы расчета термодинамических свойств, таких как коэффициента фазового равновесия,



энтальпии, энтропии, плотности, растворимости газов и твердых веществ в жидкостях и фугитивности паров. Данные методы включают в себя:

-Обобщенные корреляции, такие как метод расчета коэффициентов фазового равновесия Чао-Сидера и метод расчета плотности жидкости API,

-Уравнения состояния, такие как метод расчета Соава-Редлиха-Квонга для коэффициента фазового равновесия, энтальпий, энтропий и плотностей,

-Методы коэффициентов активности жидкости, такие как метод NRTL (Non-Random Two-Liquid - Неслучайное двухжидкостное) для расчета коэффициента фазового равновесия,

-Методы фугитивности паров, такие как метод Хайдена-О'Коннелла для димеризующихся веществ,

-Специальные методы расчета свойств специфических систем компонентов, таких как спирты, амины, гликоли и системы кислой воды. Большинство из этих методов подробно описаны в монографии [14].

Наиболее часто для моделирования процессов обработки природного газа и нефти используются уравнения состояния Пенга-Робинсона [16] и Соава-Редлиха-Квонга [17] и их модификации. Вопросы применения этих уравнений состояния при моделировании термодинамических свойств газоконденсатных флюидов очень подробно описаны в монографии [15]. Эти методы позволяют решить большую часть технологических проблем, возникающих при моделировании задач газопереработки. Как правило, от состава средств моделирования отдельных процессов зависят функциональные возможности всей моделирующей системы. Как правило, все моделирующие системы включают средства для моделирования следующего набора процессов:

- сепарация газа и жидкости (2-х несмешивающихся жидкостей);
- однократное испарение и конденсация;
- дросселирование;
- адиабатическое сжатие и расширение в компрессорах и детандерах;

- теплообмен двух потоков;
- нагрев или охлаждение потока;
- ветвление и смешение потоков;

- процессы в дистилляционных колоннах с возможностью подачи и отбора боковых материальных и тепловых потоков:

- а) абсорберы;
- б) конденсационные (укрепляющие) колонны;
- в) отпарные (исчерпывающие) колонны;
- г) дистилляционные колонны;

Все программы позволяют моделировать сложные дистилляционные системы со стриппингами, боковыми орошениями, подогревателями и т.д., т.е. решать наиболее сложные задачи первичной переработки нефти. Большинство задач дистилляции применительно к процессам переработки природного газа и конденсата, имеющимся на действующих производствах, с помощью рассматриваемых пакетов решаются успешно и с высокой скоростью.

Возможность проводить расчеты в динамическом режиме позволяет гораздо лучше понять сущность моделируемых процессов. Можно собрать и испытать схему регулирования, исследовать пусковые режимы, получить представление о реально работающем процессе и поведении объекта в нештатных ситуациях, о влиянии изменения рабочих параметров на качество продуктов. Многие моделирующие программы позволяют, после выполнения стадии расчета технологической схемы или отдельного аппарата, выполнять расчеты гидравлических и основных конструктивных характеристик сепарационного оборудования, емкостей, теплообменной аппаратуры, тарельчатых и насадочных ректификационных колонн, а также выполнять оценку стоимости изготовления каждого аппарата. Это очень важно, как для стадии выполнения проектных работ, так и предпроектных исследований, так как позволяет оптимизировать капиталоемкость разрабатываемой технологии.

В настоящее время лидирующие позиции на американском рынке (американский рынок программных продуктов наиболее развит) занимают продукты трех компаний – SimulationSciences (SimSci), AspenTechnologies и Hyprotech.

Hysys и Hysim – продукты канадской компании HyprotechLtd. Hysim позволяет выполнять статическое моделирование практически всех основных процессов газопереработки, нефтепереработки и нефтехимии. Особый акцент сделан на работу с уравнением состояния Пенга-Робинсона. Программа имеет расширенный набор модификаций уравнения состояния Пенга-Робинсона, включающих работу с не симметричными коэффициентами бинарного взаимодействия и различными правилами смещения, модификации для работы с водой, гликолями и аминами. Пакет имеет оригинальный, весьма совершенный алгоритм расчета ректификационных колонн, практически не имеет ограничений в отношении набора задаваемых спецификаций и сложности колонны. Программа имеет табличный ввод данных, по которому затем строится изображение схемы в формате AUTOCAD. Дополнительный пакет Huprop позволяет эффективно обрабатывать экспериментальные данные по свойствам чистых компонентов и затем использовать полученные корреляции в расчетах.

В 1996 году фирма представила новую разработку – Hysys, разработанную специально для 32 разрядных платформ PC/Windows. В настоящее время вышла вторая версия программы. Программа, наряду с возможностью статического моделирования технологических схем, позволяет в той же среде производить динамическое моделирование отдельных процессов и всей технологической цепочки, а также разрабатывать и отлаживать схемы регулирования процессов. Имеется возможность выполнять расчеты основных конструктивных характеристик сепарационного оборудования, емкостей, теплообменной аппаратуры, тарельчатых и насадочных ректификационных колонн и оценку стоимости

оборудования. Программа имеет развитый графический интерфейс, хорошо интегрирована с офисными приложениями Microsoft [18].

Aspen HYSYS® представляет собой программный пакет, предназначенный для моделирования в стационарном режиме, проектирования химико-технологических производств, контроля производительности оборудования, оптимизации и бизнес – планирования в области добычи и переработки углеводородов и нефтехимии. Моделирование и оптимизация процессов – основные задачи, решаемые программой. Деятельность специалистов нефте- и газодобывающей, а также перерабатывающей промышленности направлена на усовершенствование технологического процесса и получение достоверных предсказаний параметров. Перед инженерами стоит задача нахождения оптимального способа осуществления технологического процесса в сжатые сроки и с минимальной вероятностью допущения ошибок. Кроме того, решения, принимаемые технологами, должны соответствовать поставленным бизнес – целями в тоже время обеспечивать эффективность, безопасность и рентабельность работы предприятия.

Перспектива: связь моделирования с бизнес – целями.

Моделирование технологических процессов позволяет связать бизнес - цели с проектированием и эффективно управлять производством. К наиболее важным преимуществам моделирования технологических процессов относятся:

- \* Организация расчётных исследований и причинно-следственного анализа для выбора оптимального варианта технологического процесса, соответствующего поставленным бизнес – целям.

- \* Нахождение оптимальных режимов работы оборудования для получения желаемой производительности установок и желаемого качества продуктов.

\* Оценка влияния изменения характеристик сырья, сбоев в работе остановки оборудования на безопасность, надёжность и рентабельность установки.

\* Наблюдение за состоянием оборудования.

\* Оценка таких дефектов оборудования, как загрязнение теплообменника и заклинивание тарелок ректификационных колонн путём моделирования и мониторинга оборудования реальной установки.

Программный пакет HYSYS построен на основе надёжных и проверенных методов расчёта технологических процессов. Одной из важных особенностей и одновременно достоинств программы является использование точных термодинамических моделей. Это позволяет рассчитать физические свойства, транспортные свойства, фазовое равновесие с гарантированно высокой точностью.

Aspen Plus и Speed UP – продукты американской компании Aspen Technologies Inc. Эти системы широко известны в США, в том числе среди студентов химико-технологических специальностей. Являясь высокопроизводительными приложениями для рабочих станций, продукты малоизвестны в России. Aspen Plus – система для статического моделирования процессов, основанных на химическом и фазовом превращении. Имеет широкий набор алгоритмов, который постоянно расширяется, благодаря тому, что Aspen Plus является системой с открытыми стандартами. Система имеет развитый графический интерфейс. Имеется возможность выполнять расчёты основных конструктивных характеристик и оценку стоимости оборудования [18]. Pro/II и ProVision – широко известные программные продукты, разработаны американской фирмой Simulation Sciences, Inc. Практически, в Pro/II / ProVision заложены возможности моделирования почти всех химических и нефтехимических производств. Также имеются широкие возможности для работы с растворами электролитов. Имеется возможность проведения гидравлических расчётов сепарационного оборудования, реакторов, насадочных и тарельчатых

ректификационных колонн. Фирма имеет в своем арсенале также пакет динамического моделирования – Protiss, который сейчас также доступен через интерфейс ProVision. Кроме этого, фирма предлагает пакет моделирования гидравлики нефтегазовых месторождений, систем сбора и транспорта нефти и газа – Pipeface. Фирма имеет еще ряд продуктов, в том числе ROM (Rigorous Online Modeling), системы анализа данных по месторождениям нефти и газа [19].

Для построения колонны с использованием фундаментального типа моделирования в данной работе использовалась программа Pro/II, при помощи которой можно осуществлять моделирование и оптимизацию химико-технологических производств. PRO/II® выполняет строгие расчеты материальных и тепловых балансов для широкого диапазона технологических процессов: от первичной сепарации нефти и газа до реакционно-ректификационных процессов. Программа PRO/II позволяет чрезвычайно эффективно решать задачи моделирования. Можно достаточно просто сформировать удобную среду моделирования, выбирая единицы измерения, термодинамику и т.д.

Области применения:

- Проектирование новых процессов
- Сравнение альтернативных конфигураций установок
- Модернизация и реконструкция
- Оценка соответствия технологий требованиям экологии
- Расшивка узких мест и решение проблем эксплуатации
- Оптимизация и увеличение выходов продуктов и прибыльности предприятия.

Современные средства моделирования, которые могут быть использованы для разработки, анализа и проектирования новых производств, и для анализа работы существующих, весьма многообразны. Они позволяют автоматизировать практически все стадии инженерного труда и свести к минимуму затраты рабочего времени, трудовых ресурсов и денежных

средств. При этом поставленная задача решается оптимально, с учетом накопленного опыта и данных. Совершенно очевидно, что конкурентное развитие техники и технологии невозможно без широкомасштабного использования таких средств моделирования как в проектных и исследовательских организациях, так и на производстве.

## 4 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Одной из ключевых проблем разработки технологических схем процессов является нахождение оптимального режима ПЦО, так как это не только повышает энергоэффективность, но и положительно влияет на выход целевых продуктов, а также качество получаемых продуктов.

Для нахождения оптимального режима подачи ПЦО необходимо проанализировать множество вариантов технологического режима работы колонны и узла в целом. В связи с этим практически использовать программы для моделирования и оптимизации процессов и оборудования PRO/II и HYSYS.

Для решения поставленной задачи необходимо:

- выполнить анализ опубликованных режимов подачи ПЦО,
- построить фундаментальную модель колонны фракционирования нефти в среде HYSYS,
- провести исследования возможных вариантов спецификаций по расходам температурам возвратов ПЦО в колонну,
- найти оптимальные параметры ПЦО, при которых получаем максимальное количество дизельной фракции соответствующего качества



## **6 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ**

Главными задачами развития экономики на современном этапе является повышение эффективности производства, а также занятие устойчивых позиций организаций на внутреннем и международном рынках. Чем выше первый показатель и ниже второй, тем лучше и выгоднее для покупателя и производителя. Резервы улучшения этих показателей как раз и заключены в себестоимости продукции.

Себестоимость продукции организаций складывается из затрат связанных с использованием в процессе производства природных, материальных, трудовых ресурсов, основных фондов, а также затрат на реализацию продукции.

С учетом поставленной цели в дипломной работе решены задачи проведения расчета себестоимости производимой продукции после мероприятий по совершенствованию производства.

Предметом исследования являются затраты, осуществляемые на предприятии, и расчет экономической эффективности предложенных мероприятий. Предмет исследования – экономические показатели, характеризующие экономическую эффективность производства на предприятии за 2016 год.

Поставленные в работе задачи решались на основе общенаучных методов – системного, логического, комплексного и сравнительного анализа и специально-научного метода – метода факторного анализа, а также анализа документов.

Методологическая основа работы: в основу исследования положены: исторический, сравнительно-правовой, формально-логический, системно-

структурный, конкретно-социологический и статистический методы научного познания.

## 6.1 SWOT-анализ

Для комплексной оценки научно-исследовательского проекта применяют SWOT-анализ, результатом которого является описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 23

Таблица 23 – SWOT-анализ

	<p>Сильные стороны проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Возможность оптимизации важного процесса переработки нефтяного сырья –ректификации.</li> <li>2.Эффективное использование топливо- энергетических ресурсов.</li> <li>3.Возможность проведения необходимых исследований без вмешательства в работу</li> <li>4.Отсутствие аналогичных математических моделей по процессу</li> <li>5. Чувствительность к изменению состава сырья.</li> <li>6.Наличие бюджетного финансирования</li> <li>7.Квалифицированный персонал.</li> </ol>	<p>Слабые стороны проекта:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Ограниченность экспериментальных данных с промышленной установки.</li> <li>2.Отсутствие экспериментальных образцов для проведения анализа.</li> </ol>
<p>Угрозы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Создание подобной модели на рынке в более быстрые сроки</li> <li>2.Внедрение других моделей на предприятия отечественных НПЗ</li> <li>3. Отсутствие спроса не заинтересованность предприятий по внедрению инновационного проекта</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Продвижение новой технологии оптимизации процесса с применением математической модели.</li> <li>2. Введение в модель чувствительности к различному составу сырья</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Разработка научного исследования</li> <li>2.Повышение квалификации кадров у потребителя</li> <li>3.Приобретение необходимых экспериментальных данных по составу сырья и продукта с промышленной установки.</li> </ol>

<p>Возможности:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Внедрение разработанной модели на предприятия нефтепереработки для оптимизации процесса производства топлив.</li> <li>2. Внедрение разработанной модели на производство для отработки действий персонала.</li> <li>3. Внедрение системы в образовательную сферу в качестве компьютерного тренажера для обучения студентов.</li> <li>4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ</li> <li>5. Внедрение на Российский НПЗ процесса первичной переработки нефти и соответственно повышение спроса на разрабатываемый продукт.</li> </ol>	<p>Разработка математической модели процесса первичной переработки нефти на основании физико-химической основы процесса с учетом реакционной способности углеводородов, участвующих в реакциях</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1.Повышение эффективности использования сырья на предприятии</li> <li>2.Повышение квалификации персонала на производстве</li> <li>3.Создание тренировочной версии для обучения студентов основам процесса первичной переработки нефти, закономерностям процесса.</li> </ol>
---	--	--

В данном разделе был проведен SWOT-анализ, представленный в таблице 23 По его результатам были выявлены сильные и слабые стороны проекта, а также угрозы и возможности. Так же было выявлено то, как можно компенсировать слабые стороны проекта за счет его возможностей и нейтрализовать угрозы с помощью сильных сторон проекта. Результаты SWOT-анализа учитываются при разработке структуры работ, выполняемых в рамках научно-исследовательского проекта.

## 6.2 Расчет экономической эффективности производства

На предприятии внедряется проект, целью которого является замена существующего колонного оборудования, установка новых контактных устройств. Применение проектируемого колонного аппарата позволило повысить производительность установки, обеспечить четкость ректификации и выработку продукции требуемого качества.

Задачами является расчет производственной программы, расчет капитальных вложений, расчёт показателей по труду и заработной плате, расчет расходов на содержание и эксплуатацию оборудования и общепроизводственных расходов, расчет себестоимости продукции, обоснование экономической эффективности проектного решения.

Требуемые производственные мощности для непрерывного производства

рассчитываются следующим образом:

$$M = P_{\text{час}} T_{\text{эфф}} n \quad (5.1)$$

где  $P_{\text{час}}$  – часовая производительность ведущего оборудования;  $T_{\text{эфф}}$  – эффективное время оборудования;

$n$  – количество однотипного оборудования;

Производственная мощность объекта до усовершенствования:

$$M_1 = 6,5 \cdot 8000 \cdot 1 = 52000 \text{ т/год.}$$

Производственную мощность объекта (цеха) после усовершенствования рассчитываем по формуле:

$$M_2 = 10 \cdot 8000 \cdot 1 = 80000 \text{ т/год.}$$

Использование проектной мощности характеризуется выпуском продукции. Уровень этого использования определяется с учетом конкретных условий производства, ресурсов и потребностей.

При этом стремятся к возможно более полному использованию мощностей оборудования.

$$T_{\text{эфф}} = T_n - T_{\text{ППР}} - T_{\text{ТО}}, \quad (5.2)$$

где  $T_n$  – номинальный фонд работы оборудования;

$T_{\text{ППР}}$  – время простоя в ремонтах за расчетный период (для расчета  $T_{\text{ППР}}$  необходимо построить график ППР с указанием времени работы между ремонтами и временем простоя в ремонте);

$T_{\text{ТО}}$  – время технологических остановок. График ППР построен в таблице 24.

Таблица 24 – График ППР

Наименование Оборудования, номер позиции На технологической схеме	Дата и вид последнего ремонта (КР)	Нормативы ресурса между ремонтами и ТО, час			Нормативы простоя в ремонте и ТО, час			График ремонтов и ТО												Годовой простой в ремонте и ТО, Гпр+То, ча С	Годовой Фонд рабочего времени, Гэф, часы
		КР	ГР	ТО	КР	ГР	ТО	январь	феврал ь	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентяб рь	октябр ь	ноябрь	дека брь		
Ректификационн ая колонна К-8	29.04.17	69120	2880	-	240	48	-	-	-	гр	-	-	-	Гр	-	-	-	гр	760	8000	
Дренажная емкость Е-10	29.04.17	69120	2880	-	240	48	-	-	-	гр	-	-	-	гр	-	-	-	гр	760	8000	
Емкость исх раствора Е-7а	29.04.17	51840	-	2160	96	-	18	-	-	го	-	-	Го	-	го	-	-	го	760	8000	
Емкость растворителя Е-6	29.04.17	51840	-	-	54	8	-	-	гр	-	гр	-	гр	-	Гр	-	гр	760	8000		
Теплообменник Т-18, 20	29.04.17	51840	-	-	54	8	-	-	гр	-	гр	-	гр	-	гр	-	гр	760	8000		
Насос подачи исходной смеси Н-12 (Н-13)	29.04.17	17280	1440	-	48	8	-	-	-	гр	-	-	-	гр	-	-	-	гр	760	8000	
Насос подачи флегмы Н-10	29.04.17	17280	-	-	-	-	-	-	-	гр	-	-	-	гр	-	-	-	гр	24	8596	

Баланс рабочего времени установки вычисляют исходя из данных, полученных на производстве по простоям оборудования и занесённых в таблицу 25

Таблица 25 – Расчет эффективного фонда рабочего времени основного технологического оборудования

Фонд времени	Продолжительность, дни
Календарный фонд времени	365
Регламентируемые перерывы:	
- на капитальный ремонт	20
- на текущий ремонт	12
Итого простоев на ремонт	32
Эффективный фонд времени	333

Итого получаем

$$T_{эф} = 24 \cdot 333 = 8000 \text{ час.}$$

Сводные данные по объемам продаж представлены таблице 26, в которой план производства продукции формируется исходя из прогнозов объемов продаж на фоне конкурирующих фирм, а также на основе сопоставления результатов

маркетинговых исследований рынка с производственными возможностями предприятия.

Производственная программа предприятия планируется на три года 2017, 2018 и 2019. Базовым годом взят 2017 год. Показатели 2018, 2019 годов рассчитаны с учетом индекса инфляции 5%.

Таблица 26 – Производственная программа выпуска продукции

Наименование показателя	Величина показателя по годам		
	2017	2018	2019
1. Этапы загрузки мощности, %	80%	90%	100%
2. Объем производства, тонн/год	64000	72000	80000
3. Цена за единицу продукции, руб./т.	1750	1750	1750

4. Объем продаж, тыс. руб.	112000	126000	140000
----------------------------	--------	--------	--------

Определим сумму инвестиций для осуществления инновационного проекта.  
Итоговые данные обобщим в форме таблицы 27.

Таблица 27 – Объекты и направления инвестиций

Наименование объекта	Кол-во	Цена за Единицу	Общая Стоимость	Подробно
1. Строительство производственных помещений, м <sup>2</sup> (аренда)	-	-	-	Новые Помещения не строятся
2. Приобретение оборудования и других основных фондов, тыс. руб.	1	1870	1870	табл. 29
3. Расходы на монтаж и наладку оборудования, тыс. руб.	1	437	437	табл. 30
4. Расходы на оборотные средства	-	-	8415,2	табл. 31
5. Организационные расходы		130,9	130,9	7% от стр.2
6. Затраты на проектирование	1	700	700	-
Всего инвестиций	-	-	11553,1	-

Потребность в основных фондах определим в таблице 28.

Таблица 28 – Потребность в основных фондах

Основные фонды	2017		2018		2019	
	Кол-во единиц	Общая стоимость	Общая потребность	Прирост основных фондов	Общая потребность	Прирост Осн. фондов
Здания	1	47692738	45260408	-	45260408	-
Сооружения	1	29105032	26965812	-	26965812	-
Передаточные устройства	10	974546	682182	-	682182	-
Машины и оборудование	12	3248487	1786668	1870000	3656668	-
Измерительные регулирующие приборы	56	324849	64970	-	64970	-

Транспортные средства	2	162424	121818	-	121818	-
Прочие основные фонды	1	162424	0	-	0	-
Итого	-	81670500	74881858	-	76751858	-

Расходы на наладку и монтаж оборудования примем в размере:

- расходы на монтаж оборудования 437000 руб.
- затраты на проектирование 700000 руб.

Расходы на оборотные средства (сырье, материалы, топливо, энергия всех видов и т.д.) связаны с ростом объемов выпуска продукции (таблица 29).

Для реализации проекта в бизнес-плане можно предусмотреть различные источники финансирования:

собственные средства (уставный капитал, прибыль, амортизационные отчисления, резервный фонд);

привлеченные средства (краткосрочные и долгосрочные кредиты); лизинг.

Для осуществления проекта необходимая сумма привлеченных средств может быть получена в банке под определенные % годовых. Необходимо привести условия возврата заемных средств.

Таблица 29 – Потребность в оборотных средствах

Годы	Наименование оборотных средств	Объем выпуска продукции в год, нат.ед.	Норма расхода на 1 продукции, нат.ед.	Цена за Единицу сырья, материалов, топлива, энергии, руб.	Кол-во оборотных средств на весь годовой выпуск, п.	Затраты на оборотные средства, руб.
2017 год						
1	Жидкое топливо для огневого нагрева	64000	200	4500	1752	7884
2	Стоимость переработанного сырья	64000	20	190	1280	243,2
3	Газообразный азот в баллонах	64000	12	1000	288	288



Итого		-	-	-	-	8415,2
2018 год						
1	Жидкое топливо для огневого нагрева	72000	200	4500	1752	7884
2	Стоимость переработанного сырья	72000	20	190	1440	273,6
3	Газообразный азот в баллонах	72000	12	1000	288	288
Итого		-	-	-	-	8445,6
2019 год						
1	Жидкое топливо для огневого Нагрева	80000	200	4500	1752	7884
2	Стоимость переработанного Сырья	80000	20	190	1600	304
3	Газообразный азот в баллонах	80000	12	1000	288	288
Итого		-	-	-	-	8476

### 6.3 Планирование себестоимости продукции

Для определения плановой себестоимости продукции необходимо составить калькуляцию себестоимости на единицу продукции и на годовой ее выпуск (таблица 30,  $N_{\text{год}} = 64000$  т/год).

Таблица 30 – Калькуляция себестоимости 1 тонны продукции на 2017 год

№ п/п	Наименование статей расхода	Ед. изм.	Цена за ед., руб.	Расходы в нат.ед.		Затраты, тыс.руб.		Прим.
				На 1 тонну	Nгод	На 1 тонну	На Nгод	
1.	Сырье и основные материалы	Г.	190	20	1280	0,0038	243,2	табл. 5.6
2.	Вспомогательные материалы	Г.	190	12	288	0,0045	288	табл. 5.6
3.	Топливо на технологические цели	Ккал.	4500	200	1752	0,1232	7884	табл. 5.6
4.	Энергия всех видов (э/э, вода, пар, сжатый воздух и т.д.) на технологические Цели	-	-	-	-	0,0000	-	
5.	Заработная плата основных рабочих	тыс. руб.	-	-	-	0,0503	3219,2	табл. 5.14
6.	Единый социальный налог	тыс. руб.	-	-	-	0,0151	965,7	30% от ст.5
7.	Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования (РСЭО)	тыс. руб.	-	-	-	0,0020	130,9	

7.1.	Амортизация активной части основных фондов (АЧОФ)	тыс. руб.				0,0158	1010,1	
7.2.	Затраты на ремонт АЧОФ	тыс. руб.				0,0068	437	
7.3.	Зароботная плата вспомогательных Рабочих	тыс. руб.				0,0046	292,0	табл. 5.14
7.4.	Единый социальный налог	тыс. руб.				0,0014	87,6	30% от ст. 7.3.
8.	Цеховые расходы	тыс.руб.				0,1860	11906,1	
8.1.	Амортизация пассивной части основных фондов (ПЧОФ) или арендная плата	тыс. руб.	-	-		0,0054	347,0	
8.2.	Зароботная плата ИТР, служащих, МОП	тыс. руб.	-	-		0,280	22428,4,	табл. 5.14
8.3.	Единый социальный налог	тыс. руб.	-	-		0,084	6728,5	30% от ст. 8.2.
8.4.	Охрана труда и техника безопасности	тыс. руб.	-	-		0,028	2252,0	
8.5.	Вода на бытовые и хозяйственные нужды	тыс. руб.	-	-		0,004	325,0	
8.6.	Отопление помещений	тыс. руб.	-	-		0,016	1260,3	
8.6.	Освещение помещений	тыс. руб.	-	-		0,017	1340,3	
9.	Общезаводские (общепроизводственные)	тыс. руб.	-	-		0,615	49239,2	
	Расходы							
10.	Коммерческие расходы	тыс. руб.	-	-		0,018	1477,1	
10.1.	Реклама	тыс. руб.	-	-		0,001	73,8	
10.2.	Сбыт продукции	тыс. руб.	-	-		0,003	221,5	
12.	Прочие расходы	тыс. руб.	-	-		-	-	
	Полная себестоимость, в т.ч.	тыс. руб.	тыс. руб.	-	-	<b>1,253</b>	80192	
	Условно-переменные затраты	тыс. руб.	тыс. руб.	-	-	0,173	11072	
	Условно-постоянные затраты	тыс. руб.	тыс. руб.	-	-	1,080	69120	

Для дальнейшего расчета показателей по труду и заработной плате необходимо составить баланс рабочего времени одного рабочего (таблица 31).

Таблица 31 – Расчет численности персонала

Категория персонала	Норма обслуживания, Нобс	Число смен в сутки, S	Число единиц оборота, n	Явочная численность, Няв	Эффект. время рабочего, Тэфф, час.	Коэффициент перехода, Кпер	Списочная численность, Нсп
Основные рабочие	0,79	3	5	19	207	1,76	34
Вспомогательные рабочие	3	3	5	3	207	1,76	5
ИТР	-	-	-	12	220	1,66	20
Служащие	-	-	-	3	226	1,61	4
МОП	-	-	-	9	226	1,61	15
Всего							78

Рассчитаем эффективный фонд рабочего времени:

календарный фонд рабочего времени  $T_k$ , т.к. производство непрерывное, равен 365 дням. Продолжительность рабочей смены 8 часов; график работы четырехбригадный; количество смен – 3; Для дневного персонала установлена 5-тидневная рабочая неделя по 8 часов.

Эффективное время работы персонала определяется из баланса рабочего времени

(таблица 32).

Расчет годового фонда зарплаты ИТР, служащих и МОП производится на основании их окладов согласно штатному расписанию, принимая число рабочих месяцев в году 11 (для ИТР) и 11,3 (для служащих и МОП).

Количество выходных дней в году, ночных смен определяется из графика сменности (пример графика сменности - в таблице 33).

Таблица 32 – Баланс эффективного времени одного среднесписочного работника для сменного персонала

Фонд времени	Дни	Часы
Календарный фонд времени	365	8760
Нерабочие дни:		
- Выходные	105	2520
- Праздничные	14	336
Номинальный фонд времени	246	5904
Невыходы на работу:		
- очередной отпуск	28	672
- по болезни	5	120
- ученический отпуск	2	48
- выполнение гос. обязанностей	3	72
- прочие невыходы	1	24
Итого невыходов	39	936
Эффективный фонд рабочего времени, дн.	207	1656
Месяцев	10.7	

Таблица 33 – График сменности

Номер смены	Часы работы	Дни месяца															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	0-8	A	A	A	D	C	C	C	D	B	B	B	D	A	A	A	D
2	8-16	C	D	B	B	B	D	A	A	A	D	C	C	C	D	B	B
3	16-24	D	C	C	C	D	B	B	B	D	A	A	A	D	C	C	C
Отдых		B	B	D	A	A	A	D	C	C	C	D	B	B	B	D	A
Номер смены	Часы работы	Дни месяца															
		17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	-
1	0-8	C	C	C	D	B	B	B	D	A	A	A	D	C	C	C	-
2	8-16	B	D	A	A	A	D	C	C	C	D	B	B	B	D	A	-
3	16-24	D	B	B	B	D	A	A	A	D	C	C	C	D	B	B	-
Отдых		A	A	D	C	C	C	D	B	B	B	D	A	A	A	D	-

Таблица 34 – Расчет годового основного фонда заработной платы

Профессия, специальность	Списочная численность	Оплата труда по штатному расписанию	Часовая тарифная ставка (оклад), руб.	Годовой основной фонд заработной платы, руб.							Основная заработная плата
				Оплата по тарифу, ЧТС*Тэф.	Премия	Доплата за работу в ночное время, Тст*Тэфф	Доплата за работу в праздничные дни	Доплата из фонда мастера	Доплата за бригадирство		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>Основные рабочие</b>											
Оператор технологической Установки	5	33000	198,80	329204,8	164602	40840,5	22265,1	105674,7		662587,5	
Слесарь технологической установки	20	29000	174,70	289301,2	144651	35890,1	19566,3	92865,7	309552,3	891826,2	
Слесарь по Ремонту	4	20000	120,48	199518,1	99759	24751,8	13494,0	64045,3		401568,2	
Лаборант химического Анализа	4	23000	138,55	229445,8	114723	28464,6	15518,1	73652,1		461803,4	
Лаборант химического Анализа	1	20000	120,48	199518,1	99759	24751,8	13494,0	64045,3		401568,2	
<b>Вспомогательные рабочие</b>											
Дежурный Электрик	5	28000	168,7	279325,3	139663	34652,5				453640,5	
<b>ИТР</b>											
Генеральный директор	1	50000	45833	504 166,7	252083					756 250,0	
Главный бухгалтер	1	40000	36667	403 333,3	201667					605 000,0	
Технический директор	1	40000	36667	403 333,3	201667					605 000,0	
Заместитель генерального директора по общим вопросам	1	35000	32083	352 916,7	176458					529 375,0	
Заместитель генерального директора по безопасности	1	38000	34833	383 166,7	191583					574 750,0	
Начальник ОК	1	28000	25667	282 333,3	141167					423 500,0	
Главный специалист по ОТ и ПБ	1	25000	22917	252 083,3	126042					378 125,0	
Механик	2	28000	25667	282 333,3	141167					423 500,0	

технологической уст.										
Технолог	1	38000	34833	383 166,7	191583					574 750,0
Начальник товарно-сырьевой Базы	1	38000	34833	383 166,7	191583					574 750,0
Начальник лаб.	1	3000	2750	30 250,0	15125					45 375,0
Главный энергет.	1	38000	34833	383 166,7	191583					574 750,0
Главный метролог	1	35000	32083	352 916,7	176458					529 375,0
Начальник участка ЖД путей	1	30000	27500	302 500,0	151250					453 750,0
Начальник смены	5	37000	33917	373 083,3	186542	41974,9	15441,7			559 625,0
<b>Служащие</b>										
Бухгалтер	4	28000	26367	297943	148972					446915
<b>Младший обслуживающий персонал</b>										
Охранник	15	19000	17892	202176	101088	22142,55	62037,52			387443,82
<b>Итого</b>										<b>11715227,8</b>

Таблица 35 – Расчет основного и дополнительного фонда оплаты труда, руб.

Профессия, специальность	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Итого фонд заработной платы	Заработная плата с учетом районного коэффициента 1,3 для Омска	Начисления на зарплату 30%
<b>Основные рабочие</b>					
Оператор технологической установки	662587,5	124835,3	787422,8	1023650	307094,9
Слесарь технологической установки	891826,2	168025,2	1059851,4	1377807	413342
Слесарь по ремонту	401568,2	75657,8	477226,0	620393,8	186118,1
Лаборант химического анализа	461803,4	87006,4	548809,9	713452,8	214035,8
Лаборант химического анализа	401568,2	75657,8	477226,0	620393,8	186118,1
<b>Вспомогательные рабочие</b>					
Дежурный электрик	453640,5	85468,5	539109,0	700841,7	210252,5
<b>ИТР</b>					
Генеральный директор	756250,0	142481,9	898731,9	1168351	350505,4
Главный бухгалтер	605000,0	113985,5	718985,5	934681,2	280404,3
Технический директор	605000,0	113985,5	718985,5	934681,2	280404,3
Заместитель Генерального директора по общим вопросам	529375,0	99737,3	629112,3	817846	245353,8
Заместитель генерального директора по безопасности	574750,0	108286,2	683036,2	887947,1	266384,1
Начальник отдела кадров	423500,0	79789,9	503289,9	654276,8	196283
Главный специалист по ОТ и ПБ	378125,0	71240,9	449365,9	584175,7	175252,7

Механик технологической установки	423500,0	79789,9	503289,9	654276,8	196283
Технолог	574750,0	108286,2	683036,2	887947,1	266384,1
Начальник товарно-сырьевой базы	574750,0	108286,2	683036,2	887947,1	266384,1
Начальник лаборатории	45375,0	8548,9	53923,9	70101,09	21030,33
Главный энергетик	574750,0	108286,2	683036,2	887947,1	266384,1
Главный метролог	529375,0	99737,3	629112,3	817846	245353,8
Начальник участка железнодорожных Путь	453750,0	85489,1	539239,1	701010,9	210303,3
Начальник смены	559625,0	105436,6	665061,6	864580,1	259374
<b>Служащие</b>					
Бухгалтер	446915	84201,4	531116	690451,3	207135,4
<b>Младший обслуживающий персонал</b>					
Охранник	387443,8	72996,7	460440	598572,6	179571,8
Итого	11715227,8	2207216,8	13922445	18099178	5429753

Таким образом, полученные расчеты можно представить в следующей таблице (таблица 36).

Таблица 36 – Потребность в персонале и заработной плате согласно штатного расписания

Наименование категорий Работников	Потребность, чел.	Средне-годовая зарплата руб.	2017		2018		2019	
			Годовые затраты на зарплату руб.	Начисления на зарплату, руб.	Годовые затраты на зарплату, руб.	Начисления на зарплату, руб.	Годовые затраты на зарплату, руб.	Начисления на зарплату, руб.
<b>Основные рабочие</b>								
Оператор технологической установки	5	85,3	426,5	128,0	447,8	134,4	470,2	141,1
Слесарь технологической установки	20	114,8	2296,3	688,9	2411,2	723,3	2531,7	759,5
Слесарь по ремонту	4	51,7	206,8	62,0	217,1	65,1	228,0	68,4
Лаборант химического анализа	4	59,5	237,8	71,3	249,7	74,9	262,2	78,7
Лаборант химического анализа	1	51,7	51,7	15,5	54,3	16,3	57,0	17,1
<b>Итого</b>	<b>30</b>	<b>0,0</b>	<b>3219,2</b>	<b>965,8</b>	<b>3380,1</b>	<b>1014,0</b>	<b>3549,1</b>	<b>1064,7</b>
<b>Вспомогательные рабочие</b>								
Дежурный электрик	5	58,4	292,0	87,6	306,6	92,0	321,9	96,6
<b>ИТР</b>		<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>	<b>0,0</b>
Генеральный директор	1	1402,0	1402,0	420,6	1472,1	441,6	1545,7	463,7
Главный бухгалтер	1	1121,6	1121,6	336,5	1177,7	353,3	1236,6	371,0
Технический директор	1	1121,6	1121,6	336,5	1177,7	353,3	1236,6	371,0
Заместитель генерального директора по общим вопросам	1	981,4	981,4	294,4	1030,5	309,1	1082,0	324,6
Заместитель генерального директора по безопасности	1	1065,5	1065,5	319,7	1118,8	335,6	1174,8	352,4
Начальник отдела	1	785,1	785,1	235,5	824,4	247,3	865,6	259,7

Кадров								
Главный специалист по ОТ и ПБ	1	701,0	701,0	210,3	736,1	220,8	772,9	231,9
Механик технологической Установки	2	785,1	1570,3	471,1	1648,8	494,6	1731,2	519,4
Технолог	1	1065,5	1065,5	319,7	1118,8	335,6	1174,8	352,4
Начальник товарно-сырьевой базы	1	1065,5	1065,5	319,7	1118,8	335,6	1174,8	352,4
Начальник лаборатории	1	84,1	84,1	25,2	88,3	26,5	92,7	27,8
Главный энергетик	1	1065,5	1065,5	319,7	1118,8	335,6	1174,8	352,4
Главный метролог	1	981,4	981,4	294,4	1030,5	309,1	1082,0	324,6
Начальник участка железнодорожных путей	1	841,2	841,2	252,4	883,3	265,0	927,4	278,2
Начальник смены	5	1037,5	5187,5	1556,2	5446,9	1634,1	5719,2	1715,8
<b>Итого</b>		14104,3	19039,5	5711,8	19991,4	5997,4	20991,0	6297,3
<b>Служащие</b>		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Бухгалтер	4	828,5	3314,2	994,2	3479,9	1044,0	3653,9	1096,2
<b>Итого</b>		828,5	3314,2	994,2	3479,9	1044,0	3653,9	1096,2
<b>Младший обслуживающий персонал</b>		0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Охранник	15	5,0	74,8	22,4	78,6	23,6	82,5	24,7
Итого специалисты, служащие, МОП		14937,9	22428,4	6728,5	23549,9	7065,0	24727,4	7418,2

Сумма амортизационных отчислений (АО) определяется по формуле:

$$АО = C_{\text{оф}} Н/100\%, \quad (5.3)$$

где  $C_{\text{оф}}$  – среднегодовая стоимость основных фондов, руб.;

$Н$  – норма амортизационных отчислений на полное восстановление основных фондов, % к их балансовой стоимости.

Результаты расчетов необходимо свести в таблице 37.

Таблица 37 – Расчет амортизационных отчислений и остаточной стоимости основных фондов

№№ п/п	Наименование основных фондов	Норма амортизации, %	$C_{\text{оф}}$ , тыс.руб	АО за 5 лет, тыс.руб	Остаточная стоимость	Стоимость ОФ после модернизации
1	Здания	1,02	47692738	2432330	45260408	45260408
2	Сооружения	1,47	29105032	2139220	26965812	26965812
3	Передачные устройства	6	974546	292364	682182	682182
4	Машины и оборудование	9	3248487	1461819	1786668	3656668
5	Измерительные регулирующие приборы	16	324849	259879	64970	64970
6	Транспортные средства	5	162424	40606	121818	121818
7	Прочие основные фонды	20	162424	162424	0	0
8	Итого	-	81670500	6788642	74881858	76751858

## 6.4 Финансовый план

В этом разделе обобщаются все предыдущие материалы и представляются в стоимостном выражении. Цель этого плана – определение эффективности предлагаемого проекта на основе оценки текущей финансовой информации. Результаты финансовой и инвестиционной деятельности предприятия необходимо представить в виде следующих документов: план доходов и расходов; анализ безубыточности.

План составляется на три года, и в нем отражаются доходы, расходы и все виды налогов.

План показывает, как будет формироваться прибыль при постепенном увеличении объемов производства в связи с освоением производственной мощности и является прогнозом финансовых результатов деятельности предприятия (таблицы 38, 39).

Таблица 38 – План доходов и расходов

Наименование статьи	Величина показателя по годам проекта		
	2017	2018	2019
1. Объем продаж, тыс.т	64000	72000	80000
2. Цена за 1 тонну, руб.	1750	1750	1750
3. Выручка от реализации, руб. (стр.1*стр.2)	112000	126000	140000
4. Условно-переменные затраты (табл. 1.12)	13831,78	14523,4	15249,5
5. Условно-постоянные затраты (табл. 1.12)	86419,23	90740,5	95277,2
6. Проценты по кредитам (табл. 1.12)	-	-	-
7. Прибыль до вычетов налогов (стр.3- стр.4-стр.5-стр.6)	11749,0	20736,4	29473,3
8. Налоги, относящиеся на финансовый результат	1795,1	1884,9	1979,1
9. Налогооблагаемая прибыль (стр.7- стр.8)	9953,9	18851,6	27494,2
10. Налог на прибыль (20% от стр.9)	1990,8	3770,3	5498,8



11. Чистая прибыль (стр.9-стр.10)	7963,1	15081,3	21995,3
-----------------------------------	--------	---------	---------

Таблица 39 – Расчет налогов, относящихся на финансовый результат

Наименование показателя	Условия расчета	Величина по годам		
		1-ый год	2-ой год	3-ий год
1. Налоги, относящиеся на	финансовые результаты :			
1.1 на имущество	2% от остаточной стоимости имущ.	1497,7	1572,6	1651,2
1.2 на уборку территории	1,5% от ФОТ	48,2	50,6	53,1
1.3 на нужды образования	1% от ФОТ	32,1	33,7	35,4
1.4 целевой сбор	(3% от МОТ* численность)*4	217,1	228,0	239,4
2. Налог на прибыль	20% от налогооблагаемой прибыли	1990,8	3770,3	5498,8

## 6.5 Определение технико-экономических показателей

Таблица 40 - Техничко-экономические показатели

Наименование показателя	Ед. изм.	Плано- вый год
1. Объем производства	т	64000
2. Объем продаж	т	64000
3. Цена 1 тонны	тыс. руб.	1,750
4. Выручка от продажи (2*3)	тыс. руб.	112000
5. Суммарные издержки	тыс. руб.	80192
5.1.Издержки переменные	тыс. руб.	11072
5.2.Издержки постоянные	тыс. руб.	69120
6. Операционная прибыль (4–5)	тыс. руб.	31808
7. Налог на прибыль (6*20%)	тыс. руб.	6361,6
8. Чистая прибыль (6–7)	тыс. руб.	25446,4

9. Себестоимость 1 тонны	тыс. руб.	1,253
10. Стоимость основных средств	тыс. руб.	76751,858
11. Численность основных рабочих	чел.	30
12. Фондовооруженность (10/11)	тыс. руб./чел.	2558,366
13. Фондоотдача (4/10)	руб./руб.	1,5
14. Фондоёмкость (10/4)	руб./руб.	0,667
15. Производительность труда (4/11)	тыс. руб./чел.	3733,33
16. Рентабельность производства (8*100%/5)	%	31,7
17. Рентабельность продаж (8*100%/4)	%	22,7
18. Критический объем продаж (Q <sub>кр.</sub> )	т	43830
19. Критический объем продаж (Q <sub>кр.</sub> )	тыс. руб.	76702,5

## 6.6 Анализ безубыточности

Цель анализа – определение точки безубыточности, т.е. минимального объема продаж, начиная с которого предприятие не несет убытков. Это означает, что выручка от реализации продукции (В) должна быть равна общим затратам на производство и реализацию продукции:

$$Q \cdot Ц_i = З_{\text{пост}} + З_{\text{пер}} \cdot Q, \quad (5.4)$$

где  $З_{\text{пост}}$  – постоянные затраты на весь выпуск продукции, руб.;

$З_{\text{пер}}$  – переменные затраты на единицу продукции, руб./т;

$Ц_i$  – цена единицы продукции, руб./т.

Тогда точка безубыточности определится следующим образом:

$$Q_{\text{тб}} = \frac{З_{\text{пост}}}{Ц_i - З_{\text{пер}}} - T = \frac{69120}{1,750 - 0,73} = 43830 \text{ т.}$$

Выручка при безубыточном объеме производства составит

$$B = 43830 \cdot 1,750 = 76702,5 \text{ тыс. руб.}$$

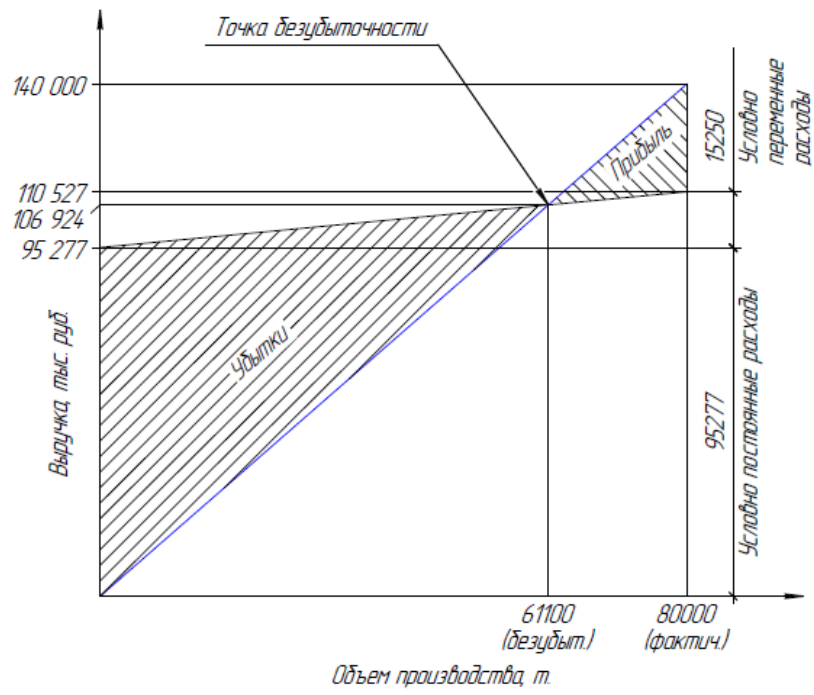


Рисунок 13 - Анализ безубыточности