

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки 18.03.01 Химическая технология

Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект установки выделения этан-этиленовой фракции с разработкой основного оборудования

УДК 66.048.3.001.6(571.16)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2С3	Бакунчев Андрей Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мойзес Ольга Ефимовна	Доцент, к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Криницына Зоя Васильевна	Доцент, к.фил.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гусельников Михаил Эдуардович	Доцент, к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юрьев Егор Михайлович	Доцент, к.т.н.		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ООП 18.03.01)

Планируемые результаты обучения

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), CDIO (п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)
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), CDIO (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)
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), CDIO (1.2, 2.1, 4.5)
P4	Разрабатывать <i>новые</i> технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии, <i>проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия, общества и окружающей среды</i>	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3) CDIO (п.1.3, 4.4, 4.7)
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), CDIO (п. 2.2)
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, <i>выводить на рынок новые материалы</i> , 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) CDIO (п. 4.1, 4.7, 4.8, 3.1, 4.6)
<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), CDIO (п. 2.5)
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), CDIO (п. 2.4)
P9	<i>Активно</i> владеть <i>иностранным языком</i> на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14), Критерий 5 АИОР (п.2.2), CDIO (п. 3.2, 3.3)
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, <i>демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве</i> , ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4), Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3) CDIO (п. 4.7, 4.8, 3.1)

Министерство образования и науки Российской Федерации
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
 высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Институт природных ресурсов
 Направление подготовки Химическая технология
 Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой ХТТ и ХК
 _____ Юрьев Е.М.
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Выпускной квалификационной работы (проекта)

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2СЗ	Бакунчеву Андрею Николаевичу

Тема работы:

Проект установки выделения этан-этиленовой фракции с разработкой основного оборудования

Утверждена приказом директора (дата, номер)	1769/с от 3.03.2016 г.
---	------------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06. 2016 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Технологическая схема Оборудование и технологические режимы Сырье и материалы
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>	1. Литературный обзор Теоретические и технологические основы процесса получения этилена. Катализатор, механизм, основные реакции 2. Объекты и методы исследований. Описание технологи и оборудования. 3. Расчеты и аналитика. Расчет реактора гидрирования этан-этиленовой фракции (материальный баланс, тепловой, гидравлический расчет). Расчет теплообменника (тепловой, конструктивный).

	4. Социальная ответственность. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент	Криницына З.В.
Социальная ответственность	Гусельников М.Э

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

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ХТТ и ХК ИПР	Мойзес О.Е.	К.Т.Н.		8.02.2016г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д2С3	Бакунчев А.Н.		8.02.2016г

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 80 страниц, 10 рисунков, 29 таблиц, 32 источника.

Ключевые слова: этан, адиабатический реактор, этан-этиленовая установка, гидрирование, полимеризация.

Объектом исследования является процесс гидрирования этан-этиленовой фракции при помощи молекулярного водорода. На основании анализа производственных данных, а также данных литературных источников, для процесса гидрирования, был выбран адиабатический реактор, разделённый на три самостоятельные секции, в котором происходит гидрирование ацетиленистых и диеновых соединений, содержащихся в этан – этиленовой фракции. В проекте проведены термодинамические, материальные, тепловые и конструктивные расчёты.

Цель работы - разработать проект установки выделения этан-этиленовой фракции с разработкой основного оборудования.

Этилен является сырьём для многих производств и основным сырьём для производства полиэтилена, который выпускается в больших объёмах.

Степень внедрения: полученные результаты используются в учебном процессе и могут быть использованы при эксплуатации и реконструкции установки выделения этан-этиленовой фракции.

Область применения: на предприятиях химической и нефтехимической промышленности.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	8
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР.....	9
1.1 Физико-химические свойства исходных веществ, продуктов и реакционных смесей.....	9
1.1.1 Характеристика сырья.....	9
1.1.2 Характеристика производимой продукции.....	10
1.1.3 Растворимость этилена в полиэтилене	12
1.2 Механизм и кинетика полимеризации	13
1.2.1 Механизм процесса	13
1.2.2 Побочные реакции при полимеризации этилена.....	15
1.2.3 Основные кинетические закономерности процесса полимеризации	16
2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	20
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.1 Расчет реактора гидрирования этан-этиленовой фракции	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.1 Материальный баланс реактора	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.2 Технологический расчёт реактора	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.3 Тепловой расчет	Ошибка! Закладка не определена.
3.1.4 Гидравлический расчет	Ошибка! Закладка не определена.
3.2 Расчет на прочность корпуса реактора	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.1 Расчет патрубков.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.2 Расчет обечайки	Ошибка! Закладка не определена.
3.2.3 Расчет днища эллиптического.....	Ошибка! Закладка не определена.
3.3 Расчет теплообменника Т-48 а	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.1. Тепловой баланс аппарата	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.2. Определение поверхности теплообмена и основных размеров теплообменника	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.3. Гидравлический расчет аппарата	Ошибка! Закладка не определена.
3.3.4. Конструктивный расчет аппарата ...	Ошибка! Закладка не определена.
3.4. Описание схемы автоматизации установки выделения этан-этиленовой фракции.....	Ошибка! Закладка не определена.
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	26

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	27
4.1.3 SWOT-анализ	28
4.2 Планирование научно – исследовательских работ	30
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	30
4.2.2 План проекта	31
4.3.2 Затраты на оборудование	32
4.3.4 Расчет затрат на научные и производственные командировки	35
4.3.5 Контрагентные расходы.....	35
4.3.6 Накладные расходы	36
4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта....	37
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	37
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	Ошибка! Закладка не определена.
5.1. Анализ вредных производственных факторов и их предельно-допустимые значения	Ошибка! Закладка не определена.
5.2. Пожарная и взрывная безопасность....	Ошибка! Закладка не определена.
5.3. Охрана окружающей среды	Ошибка! Закладка не определена.
5.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	Ошибка! Закладка не определена.
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	41

ВВЕДЕНИЕ

В основу разработки данного дипломного проекта заложен процесс получения этилена на производстве мономеров ООО “Томскнефтехим“. Полное наименование – российское крупнотоннажное производство этилена и пропилена – производство мономеров. В основу процесса получения этилена на производстве мономеров заложен высокотемпературный пиролиз бензинов и рецикловой этановой фракции с получением пиролизного газа широкого состава. Извлечение этилена, сопутствующих продуктов (водородной фракции, метановой фракции, бутилен- бутадиеновой фракции, пропановой фракции, фракции углеводородов $C_4 - C_5$, пиролизного конденсата) из пирогаза с использованием методов низкотемпературной, средне и высокотемпературной ректификации. При выделении этилена из пирогаза предъявляются высокие требования к его чистоте.

Этилен, получаемый из пиролизного газа, применяется для производства полиэтилена, окиси этилена, этиленгликоля, полигликоля, этиленхлоргидрина, этилового спирта, сополимеров (этиленпропиленовые каучуки), синтетических смол и других продуктов нефтехимического синтеза. Все эти продукты имеют широкое применение в народном хозяйстве. На производстве мономеров есть планы на увеличение производства этилена, но эти планы остаются на перспективу.

Цель работы - разработать проект установки выделения этан-этиленовой фракции с разработкой основного оборудования.

Для достижения цели необходимо было решить следующие задачи:

- проанализировать процесс производства этан-этиленовой фракции с характеристикой применяемых материалов и оборудования;
- определить необходимость в оборудовании и материалах;
- описать процессы выделения этан-этиленовой фракции.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Физико-химические свойства исходных веществ, продуктов и реакционных смесей

1.1.1 Характеристика сырья

Этилен. Исходным сырьем для получения полиэтилена является этилен. Этилен $\text{CH}_2=\text{CH}_2$ представляет собой при нормальных условиях бесцветный газ с $T_{\text{кип.}} = -103.8^\circ\text{C}$. В промышленности этилен получают пиролизом предельных углеводородов при $780 - 830^\circ\text{C}$. [8, 13].

Свойства этилена

Химическая формула	$\text{H}_2\text{C} = \text{CH}_2$
Молекулярная масса	28.05
Температура кипения	-103.8°C
Плотность при нормальных условиях	1.260 кг/м^3
Пределы взрываемости	верхний – $34\% = 390 \text{ г/м}^3$; нижний – $2.7\% = 31 \text{ г/м}^3$
Удельная газовая постоянная	$30.2 \text{ кгс}\cdot\text{м}/(\text{кг}\cdot^\circ\text{C})$
Температура воспламенения	$728\text{K} (455^\circ\text{C})$
Критическая температура	$282\text{K} (9.2^\circ\text{C})$
Теплоемкость	$C_p=2325 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$
$C_v=1223 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ при 20°C ,	760 мм Hg
Вязкость при 150 Мпа	$99 \text{ Па}\cdot\text{с}$

Регулятор. В качестве модификатора при производстве ПЭВД применяют пропан. Пропан $\text{CH}_3-\text{CH}_2-\text{CH}_3$ используется в качестве регулятора молекулярной массы полиэтилена. Ниже приведены свойства пропана [14]:

Молекулярная масса	44.09
Физическое состояние	Газ
Температура кипения, $^\circ\text{C}$	-
Температура плавления, $^\circ\text{C}$	42.07
Критическая температура, $^\circ\text{C}$	187.65
Критическое давление, Мпа	69.84
Критическая плотность, кг/м^3	4.13
Область воспламенения с воздухом, % (об.)	225
Температура самовоспламенения, $^\circ\text{C}$	2.1

Пропан выпускается в промышленности по ТУ 38-101490—74 (марка А). Для использования при производстве ПЭВД применяется пропан с содержанием основного вещества не менее 95 % (об.).

Инициатор. В качестве инициаторов полимеризации этилена применяется молекулярный кислород и различные вещества, легко подвергающиеся гомолитическому распаду с образованием свободных радикалов. К ним относятся соединения, содержащие лабильные связи O—O, N—N, C—N и другие, из которых наибольшее распространение получили пероксиды.

В качестве растворителей инициаторов используют импортные минеральные масла Ризелла-15 и Ризелла-17 фирмы «Шелл» (США).

1.1.2 Характеристика производимой продукции

Полиэтилен высокого давления является высокомолекулярным продуктом, состоящим из макромолекул.

Характерной особенностью строения макромолекул ПЭВД является сравнительно высокая степень разветвленности. В частности, наблюдается большое число короткоцепных разветвлений различной длины. Это является причиной того, что ПЭВД имеет более низкие, по сравнению с ПЭНД, значения степени кристалличности, плотности, твердости, модуля упругости, температуры плавления.

В качестве ответвлений в ПЭВД имеется наличие этильных и бутильных групп. Содержание CH_3 -групп в ПЭВД находится во взаимосвязи с простейшей характеристикой — молекулярной массой: с уменьшением молекулярной массы содержание CH_3 -групп монотонно возрастает. Таким образом, в более низкомолекулярных фракциях ПЭВД содержание CH_3 -групп более высокое, причем за счет не только концов цепей, но и большого числа боковых ответвлений. Это в полной мере относится к низкомолекулярному полиэтилену (НМПЭВД), образуемому при синтезе и выделяемому в качестве побочного

продукта в системе очистки возвратного газа. Его среднечисленная молекулярная масса находится в пределах 1000-2000.[7]

Метод ИК-спектроскопии позволяет обнаружить и оценить количественно также присутствие в макромолекулах полиэтилена три типа ненасыщенных групп: винилиденовые, винильные и трансвиниленовые.

Благодаря этому ПЭВД обладает хорошими физическими свойствами. Полиэтилен это твердый продукт, на ощупь напоминающий парафин, температура плавления (105-124) °С.

Полиэтилен стоек к действию щелочей и кислот, растворов солей, различных масел и растворителей, набухает в таких растворителях как толуол, бензол, бензин, диэтиловый эфир, четыреххлористый углерод.

Полиэтилен обладает высокими диэлектрическими свойствами, благодаря хорошим технологическим и эксплуатационным свойствам находит широкое применение в различных отраслях народного хозяйства: в сельском хозяйстве, машиностроении, строительстве, медицине, электро- и радиотехнике, в быту. Из полиэтилена получают трубы, пленки, сосуды (бутыли, бочки), игрушки, различные изделия бытового назначения [11].

Кроме того, при высоком давлении в промышленности получают также сополимеры этилена с полярными мономерами (с винилацетатом, акриловыми соединениями и др.). Соплимеры этилена с винилацетатом не требуют применения пластификаторов, хорошо совмещаются со многими смолами, парафином, канифолью, восками и минеральными маслами.

1.1.3 Растворимость этилена в полиэтилене

Фазовое состояние системы этилен — полиэтилен, физико-химические свойства равновесных фаз оказывают решающее влияние на кинетику полимеризации этилена и качество полиэтилена.

Доказано, что растворимость этилена в полиэтилене падает с увеличением молекулярной массы полиэтилена и уменьшением температуры. Максимальное давление расслоения системы этилен — полиэтилен растет с увеличением молекулярной массы полиэтилена и сдвигается в область высоких концентраций этилена. Растворимость же полиэтилена в этилене уменьшается с ростом молекулярной массы полиэтилена и температуры [2].

Анализ корректности экспериментальных данных о фазовом равновесии систем этилен — полиэтилен в соответствии с разработанными методами позволяет также сделать вывод, что в системах этилен - полиэтилен с молекулярной массой более 2000 газовая фаза практически полностью состоит из этилена вплоть до давлений 100МПа. Из этого следует, что этилен, отходящий из отделителей промежуточного и низкого давления, содержит в растворенном виде, а полиэтилен с более высокой молекулярной массой попадает в возвратный газ за счет капельного уноса из отделителей.

В работах [4,7] показано, что растворимость этилена в полиэтилене с молекулярной массой 740—20000 в интервале температур 120⁰С и давлении до 20 МПа удовлетворительно описывается модифицированным уравнением Кричевского — Ильинской:

$$\lg \frac{f_2}{C_2'} - \frac{M_2}{2,3RT} \int_{P^*}^P V_2^* dP = \lg H^* + \frac{A_C M_2}{2,3RT} [1 - (C_1')^2] \quad (1.1)$$

где f_2 - летучесть этилена при температуре T ;

H^* - константа Генри при давлении P^* , условно принятом за начало отсчета.

Поскольку вязкость расплава полиэтилена при снижении давления в отделителе промежуточного давления до 20—25МПа велика, в

расплаве полиэтилена этилен находится не только в растворенном виде, но и в виде пузырьков. Содержание этилена в расплаве полиэтилена в виде пузырьков может быть равно его содержанию в растворенном виде, что экспериментально подтверждено для условий отделителя низкого давления (рис. 1).

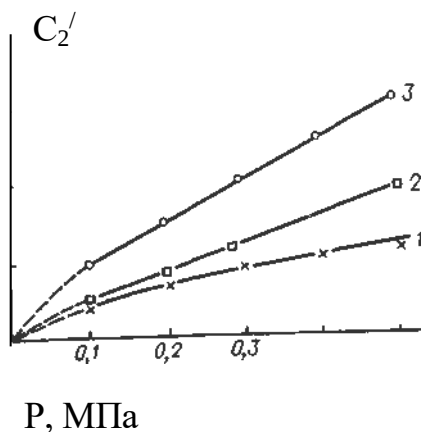


Рисунок 1 – Зависимость содержания этилена в расплаве полиэтилена от давления при температуре расплава 220°C .

- 1 – в растворенном виде;
- 2 – в виде пузырей;
- 3 – суммарное содержание.

1.2 Механизм и кинетика полимеризации

Для управления процессом полимеризации, а также для получения полимеров с заданными свойствами необходимо знать механизм процесса полимеризации и его кинетику.

Механизмом процесса называется совокупность всех отдельных промежуточных реакций, в результате которых получаются конечные продукты.

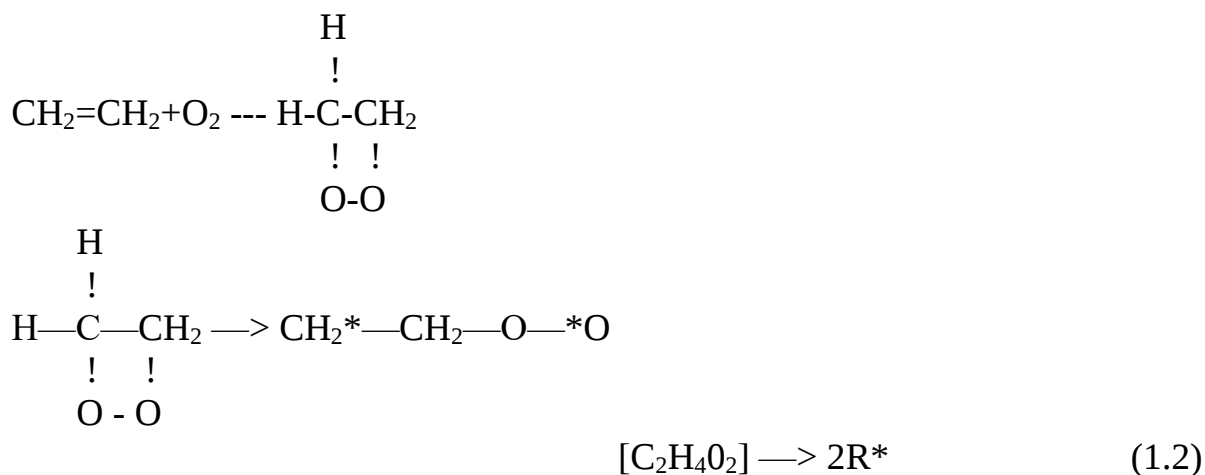
Из данных по кинетике процесса вычисляют скорость реакции при заданных температурах, концентрации ингредиентов, молекулярную массу и молекулярно-массовое распределение продукта.

1.2.1 Механизм процесса

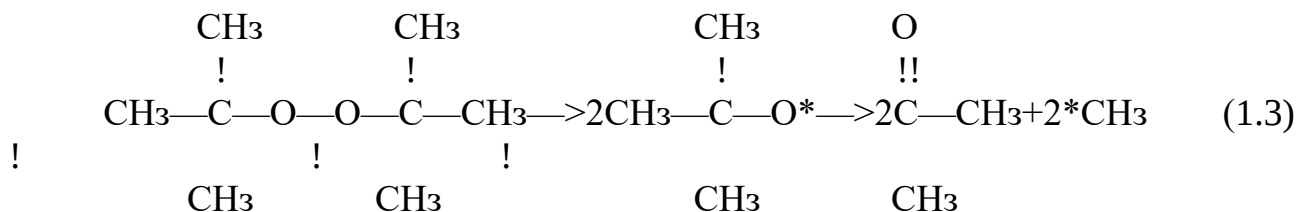
Полимеризация этилена при высоком давлении протекает по радикально-цепному механизму, который состоит из стадий [15]:

- инициирования - присоединение молекулы этилена к первичному радикалу;
- роста цепей - быстрое последовательное присоединение молекул этилена к радикалу;
- обрыва цепей - взаимодействие двух растущих радикалов с образованием одной или двух неактивных молекул полиэтилена рекомбинацией или диспропорционированием;
- передача цепи.

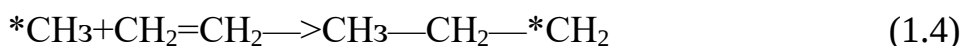
Для инициирования полимеризации этилена применяют молекулярный кислород или органические перекиси. Инициирование процесса состоит в образовании активных радикалов:



Применяемые в процессе полимеризации перекиси, разлагаясь при соответствующих температурах, также образуют два радикала. Например, распад ди-трет-бутилперекиси проходит по схеме:

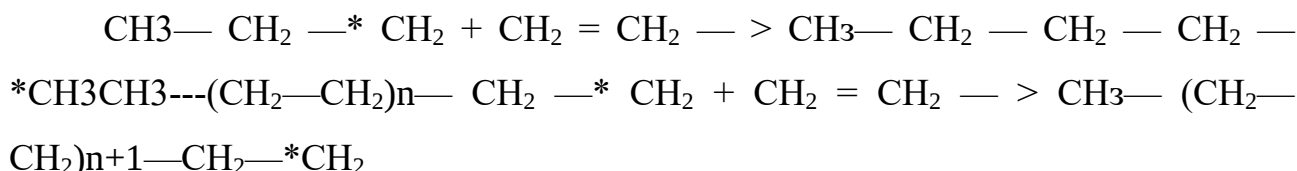


Началом реакции является присоединение этилена к образовавшемуся радикалу, в результате чего образуется новый радикал:

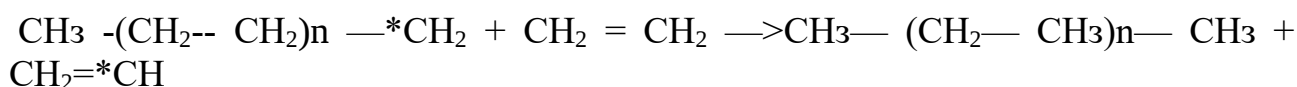


Скорость этой реакции значительно больше скорости реакции распада инициатора, так что скорость общей реакции определяется скоростью распада инициатора.

В зависимости от температуры полимеризации применяются различные инициаторы и их смеси. К радикалу, образовавшемуся по реакции (1.4), присоединяются последовательно молекулы этилена (реакция роста):



В процессе полимеризации возможны реакции передачи цепи на мономер:



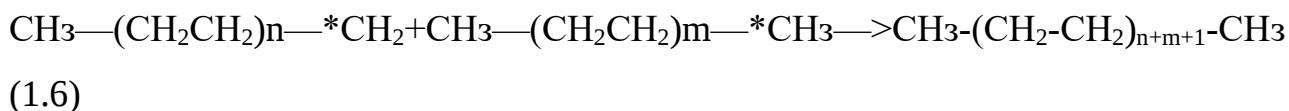
или на какое-либо соединение, которое вводится в зону реакции в качестве агента передачи цепи:



При этом образуются новые радикалы и их концентрация остается неизменной.

Таким образом, скорость процесса полимеризации в данном случае не снижается.

Рост цепи заканчивается обрывом цепи. Различают два вида обрыва цепи: рекомбинацией и диспропорционированием. При рекомбинации (соединении) из двух растущих радикалов образуется одна неактивная макромолекула:

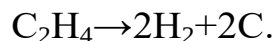
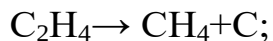


1.2.2 Побочные реакции при полимеризации этилена

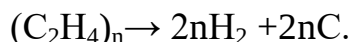
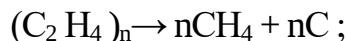
К побочным реакциям в процессе производства полиэтилена относятся реакции разложения в реакторах и реакции деструкции — сшивания полиэтилена.

[8] Эти реакции нежелательны, так как приводят к нарушениям работы производства и ухудшению качества полиэтилена.

Реакции разложения. Известно, что сжатый этилен при высокой температуре может разлагаться:



Аналогичные реакции протекают и с участием полимера:



При разложении всегда образуется смесь метана, водорода и углерода, причем доля водорода тем выше, чем более интенсивно разложение.

Реакции деструкции — сшивания. Склонность макромолекул и макрорадикалов полиэтилена к реакциям передачи цепи является причиной для производства полиэтилена процессов деструкции.

Полиэтилен устойчив к нагреванию до температуры 290 °С. Выше этой температуры происходит выделение летучих продуктов, ускоряющееся с ростом температуры.

1.2.3 Основные кинетические закономерности процесса полимеризации

Процесс полимеризации этилена определяется следующими кинетическими зависимостями.

В автоклавных реакторах, представляющих собой, в первом приближении, реакторы идеального смешения, концентрация инициатора одинакова по всему объёму реактора и определяется материальным балансом [4]:

$$[\text{I}]_p / [\text{I}]_0 = 1 / (1 + k_{\text{расп}} \tau), \quad (1.7)$$

$[\text{I}]_p$ и $[\text{I}]_0$ - равновесная и исходная концентрации пероксида, τ - среднее время пребывания реакционной массы в реакторе.

Трубчатый же реактор, представляющий собой реактор вытеснения, имеет переменные температуру и концентрацию инициатора по длине. Концентрация инициатора в каждом сечении реактора определяется уравнением:

$$[I]_p/[I]_0=e^{-kt} \quad (1.8)$$

где t - время прохождения реакционной массы от момента ввода в реактор до рассчитываемой точки (при постоянной скорости реакционной массы оно пропорционально длине) ; $k_{расп} \neq const$ вследствие переменной температуры по длине реактора.

Скорость разложения инициатора:

$$v_d = k_d [I] , \quad (1.9)$$

где k_d — константа скорости распада инициатора; $[I]$ — концентрация инициатора.

Поскольку при разложении одной молекулы инициатора возникают два радикала, скорость их образования равна $2k_d[I]$. Однако не все образовавшиеся радикалы присоединяются к этилену по его двойным связям, так что доля радикалов инициатора, иницирующих полимеризацию, выражает эффективность (f) инициатора, т. е.

$$f = \frac{\text{Скорость инициирования полимерных цепей}}{2 (\text{Скорость распада инициатора})} \quad (1.10)$$

Тогда скорость образования мономерных радикалов будет выражаться уравнением:

$$v_d = 2f k_d [I], \quad (1.11)$$

а скорость инициирования полимеризации уравнением:

$$v_{и}=k_{и} [R^*] [M] , \quad (1.12)$$

где $k_{и}$ - константа скорости реакции инициирования; $[R^*]$ — концентрация радикалов; $[M]$ — концентрация мономера.

Здесь радикал R^* может обозначать радикалы $*R_1, *R_1, \dots *R_n$ различной степени полимеризации. Различие в реакционной способности растущих радикалов очень незначительно и поэтому им пренебрегают и пользуются

величиной $[R^*]$, выражающей общую концентрацию радикалов в системе. Скорость роста цепи определяется по уравнению:

$$v_p = k_p [R^*] [M], \quad (1.13)$$

где k_p — константа скорости роста цепи.

Скорость реакции передачи цепи определяется по уравнению:

$$v_{\pi} = k_{\pi} [R^*] [HS], \quad (1.14)$$

где $[HS]$ — концентрация агента передачи цепи.

Кинетический обрыв цепи — гибель активных центров полимеризации — происходит при рекомбинации или диспропорционировании радикалов. Суммарная скорость обрыва цепи определяется следующим уравнением:

$$v_o = (k_{\text{рекомб}} + k_{\text{диспроп}}) [R^*]^2 \quad (1.15)$$

В ходе полимеризации скорость изменения концентрации радикалов быстро становится равной нулю, а это равносильно тому, что скорость инициирования v_u и скорость обрыва v_o равны между собой, т. е. $v_u = 2k_o [R^*]^2$.

На скорость образования полимера преобладание того или иного механизма обрыва цепи не влияет, но для степени полимеризации и, особенно, молекулярно-массового распределения имеет большое значение. Действительно, при обрыве цепи диспропорционированием степень полимеризации равна отношению скорости роста к скорости обрыва:

$$P = v_p / v_o, \quad (1.16)$$

где P — средняя степень полимеризации.

При обрыве цепи рекомбинацией длина образовавшейся макромолекулы равна сумме длин рекомбинирующих радикалов, при этом, степень полимеризации удваивается:

$$P = 2v_p / v_o. \quad (1.17)$$

Экспериментальное изучение механизма и кинетики реакции обрыва цепи представляет значительные трудности вследствие того, что скорость этой реакции, в отличие от других элементарных актов, определяется концентрацией промежуточных продуктов — радикалов.

Общая энергия активации реакции скорости полимеризации выражается уравнением [2]:

$$E_{\text{общ}} = \frac{1}{2} E_{\text{распад}} + E_{\text{рост}} - \frac{1}{2} E_{\text{обрыв}} \quad (1.18)$$

Для большинства перекисей энергия активации распада составляет 125 кДж/моль (30 ккал/моль), энергия активации роста 25 кДж/моль (6 ккал/моль), энергия активации обрыва около 8 кДж/моль (2 ккал/моль). В этом случае общая энергия активации реакции полимеризации этилена будет равна:

$$E_{\text{общ}} = 125/2 + 25 - 8/2 = 83,5 \text{ кДж/моль.}$$

При инициировании процесса полимеризации кислородом общая энергия активации реакции определяется уравнением:

$$E_{\text{общ}} = 175/2 + 25 - 8/2 = 108,5 \text{ кДж/моль.}$$

Полимеризация этилена при высоком давлении имеет следующие особенности: высокое давление 100—350 МПа (1000—3500 кгс/см²) и температуру 423—573 К (150—300 °С); большую скорость полимеризации и выделение в зоне реакции большого количества тепла (тепловой эффект 3,55 МДж/кг (850 ккал/кг)); при некоторых условиях в реакторе происходит разделение двух фаз—этилена и полиэтилена; при недостаточно быстром отводе тепла из зоны - реакции температура в реакторе быстро повышается и происходит разложение этилена со скоростью взрыва, с образованием метана, водорода и сажи.

2 ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объект исследования – установка выделения этан-этиленовой фракции (рис. 2).

Кубовый продукт колонны К-10, представленный на рисунке 2 поступает в качестве питания на 27-ю тарелку колонны выделения этан-этиленовой фракции (ЭЭФ) К-11.

Режим работы колонны К-11:

Температура верха, °С	(-20)-(-4);
Температура куба, °С	65-85;
Давление в колонне, МПа (кгс/см ²)	2.6-3.0 (26-30);
Перепад давления в колонне, МПа (кгс/см ²),	не более 0.1 (1.0).

Подвод тепла в куб колонны К-11 осуществляется через выносные отключаемые кипятильники Т-47/₁₋₂ за счет конденсации пара П4, подаваемого в межтрубное пространство кипятильников. Паровой конденсат из межтрубного пространства кипятильника Т-47/₁₋₂ стекает в сборник конденсата Е-145, откуда отводится в емкость Е-76.

Кубовый продукт с температурой (65-85) °С, расходом до 70 м³/ч отводится через клапан регулятора уровня в колонне К-11 в качестве питания в колонну К-14 для дальнейшего разделения.

Газообразная ЭЭФ с верха колонны К-11 поступает в трубное пространство дефлегматора Т-46, где охлаждается и частично конденсируется за счет испарения пропилена холодильного цикла, кипящего при температуре (-18) °С в трубном пространстве дефлегматора Т-46. Пары пропилена из межтрубного пространства дефлегматора Т-46 направляются в сепаратор Е-66.

Газожидкостная смесь из трубного пространства дефлегматора Т-46 поступает во флегмовую емкость Е-30, откуда жидкая ЭЭФ насосом Н-27/₁₋₂ подается на орошение колонны К-11.

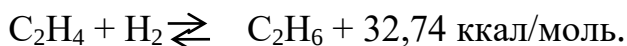
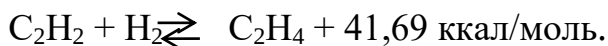
Газообразная ЭЭФ с верха емкости Е-30, направляется в межтрубное пространство теплообменников Т-12/₁₋₂, где подогревается до температуры (25-50) °С за счет тепла прогидрированной ЭЭФ, поступающей в трубное

пространство теплообменников Т-12/1-2 из холодильника Т-48. Далее ЭЭФ нагревается в трубном пространстве подогревателя Т-50 за счет тепла пара П4, подаваемого в межтрубное пространство подогревателя, и направляется в реактор гидрирования ацетилена Р-2/1-2.

Конденсат пара П4 из подогревателя Т-50 отводится в емкость Е-76 через термодинамические конденсатоотводчики.

Гидрирование ацетилена, содержащегося в ЭЭФ, осуществляется водородной фракцией в адиабатическом реакторе Р-2/1-2 (рис. 2) на катализаторе марки ПК-25.

Химизм процесса гидрирования:



Реакция гидрирования ацетилена протекает при избытке водорода с повышением температуры процесса (процесс гидрирования экзотермический), что ведет к значительному полимерообразованию (образование "зеленого масла"). Массовая доля "зеленого масла" в ЭЭФ после гидрирования составляет (0.01-0.02) % в зависимости от активности катализатора.

Процесс гидрирования ацетилена протекает при температуре (60-150) °С (в зависимости от снижения активности катализатора).

Реактор Р-2/1-2 представляет собой вертикальный цилиндрический аппарат, разделенный на три самостоятельные секции. Каждая секция заполняется слоем катализатора марок ПК-25 высотой в 1,6 метра. В работе находится один из реакторов, второй в резерве или на регенерации.

Для предварительной промывки катализатора от «зеленого масла» в реакторе Р-2/1-2, перед его регенерацией, схемой предусмотрен прием депентанизированного гидрированного пироконденсата или фракции ЖПП из цеха 404 от теплообменника Т-390 в I зону реактора.

Режим работы реактора Р-2/1-2:

Температура на входе, °С 60-100;

Температура на выходе, °С 60-150;

Давление, МПа (кгс/см²)

2.4-2.9 (24-29).

Водородная фракция из осушителей С-2/1-2 подается в ЭЭФ через отсекаТЕЛЬ перед подогревателем Т-50 через клапан регулятор расхода, в поток ЭЭФ, выходящий из I-ой секции реактора Р-2/1-2 перед водяными холодильниками Т-48а/1-2, в поток ЭЭФ, выходящий из II-ой секции реактора Р-2/1-2 перед водяными холодильниками Т-48б/1-2.

Температура ЭЭФ на входе в реактор Р-2/1-2 (60-100) регулируется смешением потока подогретой ЭЭФ после Т-50 и потока холодной ЭЭФ направляемых в реактор гидрирования Р-2/1-2. Регулирование осуществляется двумя клапанами регуляторов температуры, работающих от одного датчика поз. TRC-5-054, установленными на линии подачи пара П4 в подогреватель Т-50 и линии подачи холодной ЭЭФ в реактор гидрирования Р-2/1-2.

Так как процесс гидрирования экзотермический, то после каждой ступени гидрирования ЭЭФ перед входом во II-ю и III-ю секции охлаждается оборотной водой 3 системы в межтрубном пространстве холодильников Т-48а/1-2 и Т-48б/1-2 соответственно.

Гидрированная ЭЭФ из III-ей реакционной секции реактора Р-2/1-2 направляется в межтрубное пространство холодильника Т-48, где охлаждается оборотной водой, подаваемой в трубное пространство холодильника. ЭЭФ из межтрубного пространства холодильника Т-48 направляется в трубное пространство теплообменников обратных потоков Т-12/1-2, где охлаждается потоком ЭЭФ, поступающей из емкости Е-30 в межтрубное пространство теплообменников Т-12/1-2. ЭЭФ, охлажденная до температуры [(-16) -(0)] °С из теплообменника Т-12/2 направляется в колонну К-11А для отмывки от "зеленого масла".

Режим работы колонны К-11А:

Температура верха, °С

(-22)-(-6);

Температура куба, °С

(-20)-(-4);

Давление в колонне, МПа (кгс/см²)

2.4-2.9 (24-29).

Отмывка ЭЭФ от "зеленого масла" в колонне К-11А осуществляется жидкой ЭЭФ, подаваемой на верхнюю тарелку колонны К-11А из куба колонны К-13 насосом Н-28а/1-2.

Жидкая ЭЭФ с растворенным в ней "зеленым маслом" из куба колонны К-11А с температурой $[(-20) - (-4)]$ °С и расходом не более 6.0 м³/ч отводится через теплообменник Т-40 в сепаратор Е-15 IV-ой ступени нагнетания пирогазового турбокомпрессора М-1.

Осушенная в осушителях С-3/1-2 этан-этиленовая фракция (ЭЭФ), проходит теплообменник обратных потоков Т-51а, где охлаждается кубовым продуктом колонны К-13 (сжиженная ЭЭФ) до температуры $[(-30) - (-14)]$. Далее ЭЭФ поступает в трубное пространство теплообменника Т-51б, где охлаждается и частично конденсируется за счет испарения пропилена холодильного цикла, кипящего при температуре (-37) °С в межтрубном пространстве теплообменника.

Парожидкостная смесь из теплообменника Т-51б поступает в качестве питания в колонну К-13. Колонна К-13 предназначена для отдувки метано-водородной фракции из ЭЭФ.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕДИНЕНИЕ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2СЗ	Бакунчеву Андрею Николаевичу

Институт	ИПР	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): Материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Бюджет затрат НТИ 102781,3 тыс. руб.; Размер оклада руководителя проекта 43340 руб.; Размер стипендии дипломника 2700 руб.;
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Коэффициент выполнения нормы = 1; Число календарных дней в году – 365; Продолжительность выполнения проекта – 4 месяца; Дополнительная заработная плата – 15% от основной; Накладные расходы - 16% от суммы всех расходов.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Тариф страховых взносов – 30,2%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Построение оценочной карты для сравнения конкурентных разработок
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Расчет материальных затрат на ПО, заработную плату, дополнительные расходные материалы
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

- Карта сегментирования рынка услуг по разработке КМС
- Оценочная карта конкурентных разработок
- Матрица SWOT
- Перечень этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ
- Временные показатели проведения научного исследования
- Календарный план-график выполнения работ
- Бюджет ИП
- Расчет затрат на оборудование
- Расчет заработной платы исполнителей
- Отчисления во внебюджетные фонды

11. Расчет бюджета затрат НТИ	
12. Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности	
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Креницына З.В	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2С3	Бакунчев А.Н.		

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В основу процесса получения этилена на производстве мономеров заложен высокотемпературный пиролиз бензинов и рецикловой этановой фракции с получением пиролизного газа широкого состава.

Для данного исследования были использованы программы расчета, разработанные на кафедре химической технологии топлива НИ ТПУ. Полученные в ходе исследования результаты будут учтены при проведении оптимизации работы данной установки.

Обоснование целесообразности моделирующей системы, которая будет отвечать финансово-экономически-ресурсоэффективным требованиям является целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» [24].

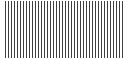
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

По результатам проведенного сегментирования рынка были определены основные сегменты, а также выбраны наиболее благоприятные.

Профиль	Вид услуги		
	Проектирование	Мониторинг	Оптимизация
Нефтехимический			
Химический			

Рисунок 9 - Карта сегментирования рынка услуг по разработке интернет-ресурсов:

 НИ ТПУ  НГТУ  НИ МГТУ

Таким образом, наиболее благоприятным сегментом и направлением для исследования был выбран мониторинг процесса переработки в нефтехимической отрасли.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

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

Таблица 14 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

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

Где Б_{к1} - РХТУ им. Д.И. Менделеева, Б_{к2}- Институт проблем нефти и газа РАН, г.Москва

Математические модели процесса обезвоживания нефти с учётом различных формул учёта диаметра капель не имеет компьютерной реализации, что является веским преимуществом нашей научной разработки.

4.1.3 SWOT-анализ

Таблица 15 – Матрица SWOT для НТИ по проекту установки выделения этан-этиленовой фракции с разработкой основного оборудования

	Сильные стороны проекта: С1 Высокая точность математической модели С2. Более низкая стоимость производства по сравнению с испытаниями на стендовой и пилотной установках С3. Наличие бюджетного финансирования С4. Компьютерная реализация модели С5. Близость разработки к завершённости	Слабые стороны проекта: Сл1. Устаревшая технология, заложенная в модель Сл2. Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой Сл3. Необходимость больших компьютерных ресурсов и времени для разработки модели Сл4. Отсутствие современного оборудования для проведения испытания опытного образца
Возможности: В1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ В2. Возможность модернизации модели для перехода на новые технологии В3. Рост заинтересованности производителей в научно-технических разработках моделей различных процессов В4. Долгосрочная стратегия развития отрасли на государственном уровне	1. Разработка математической модели процесса каплеобразования при обезвоживании и обессоливании нефти с целью перехода к более совершенным технологиям, конструкциям оборудования и новым деэмульгаторам 2. Проведение экспериментов в лабораториях ТПУ для проверки модели на адекватность 3. Создание удобного интерфейса программы на основе модели 4. Создание тренажерной системы для сотрудников предприятия	1. Постепенный переход к новым технологиям 2. Повышение квалификации кадров у потребителя 3. Использование кластера кибер-центра ТПУ для снижения временных затрат на создание модели 4. Приобретение необходимого оборудования опытного образца
Угрозы: У1. Резкий переход производителя от заложенной технологии к более современной У2. Ограниченный рынок деэмульгаторов У4. Угроза снижения спроса на дорогие деэмульгаторы	1. Продвижение новой технологии с целью появления спроса на усовершенствованную модель 2. Сокращение временных затрат на создание модели 3. Модернизация модели в пользу использования более дешевых деэмульгаторов	1. Разработка научного исследования 2. Повышение квалификации кадров у потребителя 3. Приобретение необходимого оборудования опытного образца 4. Продвижение новой технологии с целью появления спроса

SWOT-анализ является совершенно необходимой частью работы ее руководства, ведь именно благодаря аналитическому подходу к разработанной

модели мы можем понимать, благодаря каким факторам она улучшает свои позиции на рынке и какие факторы, наоборот, ухудшают.

4.2 Планирование научно – исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

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

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в табл. 16.

Таблица 16 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

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

4.2.2 План проекта

Таблица 17 – Календарный план проекта

Код работы (из ИСР)	Название	Длительность, дни	Дата начала работ	Дата окончания работ	Состав участников (ФИО ответственных исполнителей)
1	Получение задания и составление плана работ	1	13.02.2016	13.02.2016	Мойзес О.Е., Бакунчев А.Н.
2	Ознакомление с экспериментальными данными	2	14.02.2016	17.02.2016	Бакунчев А.Н.
3	Изучение технологии процесса	2	18.02.2016	19.02.2016	Бакунчев А.Н.
4	Работа с литературой	10	20.02.2016	05.03.2016	Бакунчев А.Н.
5	Расчет влияния основных технологических параметров на эффективность процесса	36	06.03.2016	24.04.2016	Мойзес О.Е., Бакунчев А.Н.
6	Разработка презентации и раздаточного материала	3	25.04.2016	29.04.2016	Бакунчев А.Н.
7	Обработка результатов	5	30.04.2016	07.05.2016	Бакунчев А.Н.
8	Оформление таблиц данных, графиков	2	08.05.2016	12.05.2016	Бакунчев А.Н.
9	Обсуждение результатов	4	13.05.2016	16.05.2016	Мойзес О.Е., Бакунчев А.Н.
10	Оформление пояснительной записки	10	19.05.2016	30.05.2016	Бакунчев А.Н.
Итого:		75			

Таблица 18 – Календарный план-график проведения НИОКР

Код работ ы	Вид работ	Исполнители	Тк, кал. дн	Продолжительность выполнения работ											
				февр			март			апрель			май		
				2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Получение задания и составление плана работ	Руководитель Бакалавр	1												
2	Ознакомление с экспериментальными данными	Бакалавр	2												
3	Изучение технологии процесса	Бакалавр	2												
4	Работа с литературой	Бакалавр	10												
5	Расчет влияния основных технологических параметров на эффективность процесса	Руководитель Бакалавр	36												
6	Разработка презентации и раздаточного материала	Бакалавр	3												
7	Обработка результатов	Бакалавр	5												
8	Оформление таблиц данных, графиков	Бакалавр	2												
9	Обсуждение результатов	Руководитель Бакалавр	4												
10	Оформление пояснительной записки	Бакалавр	10												
Итого:			75												



- Руководитель



- Бакалавр

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{\text{расх}i}, \quad (4.1)$$

Материальные затраты, необходимые для данной разработки, отражены в табл. 19.

Таблица 19 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., с НДС руб.			Затраты на материалы, (З _м), руб.		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп.3	Исп. 1	Исп. 2	Исп.3	Исп. 1	Исп.2	Исп.3
Бумага	листов	400	600	500	0,6	0,6	0,6	288	432	360
Чернила для принтера	мл	100	150	50	4	4	4	480	720	240
Тетрадь	шт.	2	1	4	15	15	15	36	18	72
Ручка	шт.	3	2	4	10	10	10	36	24	48
Карандаш	шт.	1	2	1	7	7	7	8,4	16,8	8,4
Итого								848	1210	728

4.3.2 Затраты на оборудование

Все расчеты по приобретению спецоборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в табл. 20.

Таблица 20 – Расчет затрат на оборудование для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость с НДС, руб.
Компьютер, в т.ч	1	37920
Системный блок	1	26290
Монитор	1	9690
Манипулятор-мышь	1	590
Клавиатура	1	690
Сетевой фильтр	1	230
Принтер	1	3990
ИТОГО		41480

4.3.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы

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

Расчет эффективного рабочего времени одного исполнителя сведен в табл. 21.

Таблица 21– Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	41	75
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	17	17
- праздничные дни	2	2
Номинальный фонд рабочего времени		
Потери рабочего времени		
- отпуск	-	-
- невыходы по болезни	-	-
Эффективный фонд рабочего времени	22	56

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

$$C_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.2)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (4.3)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

$T_{\text{р}}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_{\text{м}} \cdot M}{F_{\text{д}}}, \quad (4.4)$$

где $Z_{\text{м}}$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

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

$$Z_{\text{дн(рук)}} = \frac{43111,73 * 1}{22} = 1960$$

$$Z_{\text{дн(исп)}} = \frac{3510 * 2}{56} = 125$$

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_b \cdot (k_{\text{пр}} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.5)$$

где Z_b – базовый оклад, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда);

k_d – коэффициент доплат и надбавок;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

$$Z_{\text{зн}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (4.6)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$ – дополнительная заработная плата (12-20% от $Z_{\text{осн}}$)

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

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

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_{\text{раб}}, \quad (4.7)$$

где $Z_{\text{осн}}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за

отклонение от нормальных условий труда, а так же выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн} \quad (4.8)$$

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

Таблица 22 – Расчёт основной и дополнительной заработной платы

Исполнители	З _б , руб.	k_p	З _м , руб.	З _{дн} , руб.	Т _р , раб. дн.	З _{осн} , руб.	З _{зп}
Руководитель	33162,9	1,3	43111,7	1960	22	43340	6501
Бакалавр	2700	-	2700	125	56	7000	1050

Рассчитываем отчисления на социальные нужды (27,1%):

$$Q_{соц.н.} = 0,271 \cdot ЗП, \text{руб.}, \quad (4.9)$$

Таблица 23– Заработанная плата одного исполнителя НИР

	Заработная плата	Социальные отчисления
Руководитель	49841	13506,9
Исполнитель	7000	0
ИТОГО	56841	13506,9

4.3.4 Расчет затрат на научные и производственные командировки

Затраты на научные и производственные командировки исполнителей определяются в соответствии с планом выполнения темы и с учетом действующих норм командировочных расходов различного вида и транспортных тарифов.

4.3.5 Контрагентные расходы

Контрагентные расходы включают затраты, связанные с выполнением каких-либо работ по теме сторонними организациями (контрагентами, субподрядчиками), т.е.:

а) Работы и услуги производственного характера, выполняемые сторонними предприятиями и организациями. К работам и услугам производственного характера относятся:

- выполнение отдельных операций по изготовлению продукции, обработке сырья и материалов;

- проведение испытаний для определения качества сырья и материалов; контроль за соблюдением установленных регламентов технологических и производственных процессов;

- поверка и аттестация измерительных приборов и оборудования, другие работы (услуги) в области метрологии и прочее.

- транспортные услуги сторонних организаций по перевозкам грузов внутри организации (перемещение сырья, материалов, инструментов, деталей, заготовок, других видов грузов с базисного (центрального) склада в цехи (отделения) и доставка готовой продукции на склады хранения, до станции (порта, пристани) отправления).

б) Работы, выполняемые другими учреждениями, предприятиями и организациями (в т.ч. находящимися на самостоятельном балансе опытными (экспериментальными) предприятиями по контрагентским (соисполнительским) договорам на создание научно-технической продукции, головным (генеральным) исполнителем которых является данная научная организация).

4.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.10)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

4.3.7 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 24.

Таблица 24- Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты НТИ	848	1210	728
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	41480	41480	41480
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	56841	56841	56841
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	7551	7551	7551
5. Отчисления во внебюджетные фонды	13506,9	13506,9	13506,9
6. Накладные расходы	19236,3	19294,2	19217,1
7. Бюджет затрат НТИ	139463,2	139883,1	139324,0

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.11)$$

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

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

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

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.12)$$

где I_{pi} – интегральный показатель ресурсоэффективности для i -го варианта исполнения разработки;

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – балльная оценка i -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Таблица 25 - Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,98	1	0,96
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,05	4,45	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	4,13	4,45	4,06
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,93	1	0,91

Заключение: в ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» были определены финансовый показатель разработки, показатель ресурсоэффективности, интегральный

показатель эффективности и, на основании сравнительной эффективности вариантов исполнения, оптимальным был выбран вариант исполнения 2.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Управление параметрами куба ректификационной колонны / Долганов А. В., Елизаров В. В., Елизаров В. И. // Вестник Казан. технол. ун-та – 2011.- № 19. с.180-188.
2. Фарахов М.И., Лаптев А.Г., Минеев Н.Г. Насадочные контактные устройства для массообменных колонн // Химическая техника. №2. 2009.
3. Чурилин А.С., Зеленцова Н.И., Ковешников А.В. Вопросы потребления топливно-энергетических ресурсов на этиленовых установках // Тез. докл. 9-й Конференции по работе производств этилена и бензола, Звенигород, 20-21 октября 2010г. – С. 83-87.
4. Чурилин А.С., Фролкова А.К., Зеленцова Н.И. Снижение энергопотребления этиленового производства за счет использования открытого холодильного цикла // Химическая промышленность сегодня, 2011. – №12. – С. 42-47.
5. Чурилин А.С., Зеленцова Н.И., Артемов А.Е., Иванов В.А. Выделение этилена полимеризационной чистоты из сухих газов каталитического крекинга // Тез. докл. 11-й Конференции по работе производств этилена и бензола, Звенигород, 16-18 октября 2012г. – С. 74-77.
6. Чурилин А.С., Фролкова А.К., Зеленцова Н.И. Разработка технологии выделения этилена из сухих газов каталитического крекинга // Тез. докл. Юбилейной научнопрактической конференции «Актуальные вопросы и перспективы развития ОАО «Казаньоргсинтез», Казань, 18 октября 2013г. – С. 71-73.
7. Чурилин А.С., Зеленцова Н.И. Методы очистки и выделения этилена из сухих газов каталитического крекинга // Экспозиция Нефть Газ, 2013. – №1. – С. 49-53.

8. Ясавеев Х.Н., Лаптев А.Г., Фарахов М.И. Модернизация установок переработки углеводородных смесей. Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2004. – 307 с.
9. Коршак В.В. Технология пластических масс, - М.: Химия, 2005. -559 с.
10. Поляков А. В., Дунтов Ф. И., Софиев А. Э. и др., Полиэтилен высокого давления, - М.: Химия, 1988. – 200 с.
11. Семчиков Ю.Д. Высокомолекулярные соединения, - М.: Химия, 2003. – 360с.
12. Голосов А.П., Динцес А.И. Технология производства полиэтилена и полипропилена, – М.: Химия, 1998. -216 с.
13. Под ред. Поляковой А.В. Производство полиэтилена высокого давления. Уч. Пособие для рабочих профессий, – М.: НИИТЭХИМ, 1979. - 92 с.
14. Бермен А.А., Вольфсон С.А. Кинетический метод в синтезе полимеров, - М.: Химия, 1993. – 243с.
15. Сутягин В.М. Химия и физика полимеров, - К.: Вища шк. Головное изд-во, 2003. – 399с.
16. Липатов Ю.С., Нестеров А.Е. Справочник по химии полимеров, - Киев: Наукова думка, 1991.-536с.
17. Корсаков-Богатков С.М. Химические реакторы как объекты математического моделирования, - М.: Химия, 1987. – 149с.
18. Никольский Б.П. Справочник химика, - Л.: Химия, 1993. -1162 с.
19. Лекции по менеджменту Кринициной З.В. 2002 г.
20. Горохов Н.Ю., Малев В.В. Бизнес – планирование и инвестиционный анализ – М.: Информационно – издательский дом Филинь, 1988. – 208с.
21. Бобков А.С., Блинов А.А., Николаева Т.Г. Охрана труда при производстве и переработке полимерных материалов, - М.: Химия, 1986.- 272 с.
22. Макаров Г.В., Васин А.Я. Охрана труда в химической промышленности,- М.: Химия, 1989. - 496 с.
23. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии, - Л.: Химия, 1997. -567 с.

24. Варгафтик Н.Б. и др. Теплопроводность жидкостей, – М.: Издательство стандартов, 1998.-471с.
25. Международные новости мира пластмасс. Информационный сборник, 2001 г, № 78.
26. Основные процессы и аппараты химической технологии. Под ред. Ю.М. Дытнерского, - М.: Химия, 1993. -271 с.
27. Лопатинский В.Г. Термодинамические основы технологических процессов основного органического синтеза, - Томск.: Изд. ТПУ, 1989.
28. Мищенко К.П., Равделя А.А. Краткий справочник физико-химических величин, - Л.: Химия, 1994. -200 с.
29. Мескон М. Основы менеджмента./ Пер. с англ. – М.: Дело, 1992. – 702с.
30. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии, - М.: Химия, 2001. – 280с.
31. Лейдлер К. Кинетика органических реакций, - М.: Мир, 2006. – 431с.
32. Минскер К.С., Захаров В.П. Трубчатые турбулентные реакторы вытеснения – новый тип промышленных аппаратов.// ТОХТ, 2001, № 2. – с.172-177.