

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

Институт природных ресурсов

Направление подготовки: Химическая технология

Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Проект узла синтеза этанола

УДК 661.722.002.5

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Хачковский Антон Викторович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сорока Людмила Станиславовна	Кандидат химических наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Рыжакина Татьяна Гавриловна	Кандидат экономических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры	Раденков Тимофей Александрович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Юсубов Мехман Сулейманович	доктор химических наук, профессор		

Томск – 2016 г.
Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт природных ресурсов
 Направление подготовки: Химическая технология
 Кафедра технологии органических веществ и полимерных материалов

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (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
2Д2А	Хачковский Антон Викторович

Тема работы:

Утверждена приказом директора (дата, номер)	от 28.01.2016 №410/С
---	----------------------

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	<i>Объектом исследования является узел синтеза этанола, производительность 21000 тонн в год, режим работы непрерывный, сырьем является этилен, водяной пар, ортофосфорная кислота. В результате получаем этиловый спирт.</i>
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	<i>Литературный обзор Описание технологической схемы Инженерные расчеты и их обсуждение Финансовый менеджмент Социальная ответственность Заключение</i>
Перечень графического материала	<i>Технологическая схема, основной аппарат</i>
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант

Теоретический раздел, технологические расчеты	к.х.н., Сорока Л.С.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	к.э.н., Рыжакина Т.Г.
Социальная ответственность	Раденков Т. А.
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
Abstract	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	09.06.2016
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Сорока Людмила Станиславовна	к.х.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Хачковский Антон Викторович		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2А	Хачковскому Антону Викторовичу

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ХТТ и ХК
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	химическая технология

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Работа с информацией, представленной в российских и иностранных научных публикациях, аналитических материалах, статических бюллетенях и изданиях, нормативно-правовых документах; анкетирование; опрос.
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 и организация закупок	Составление календарного плана проекта. Определение бюджета НИИ
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Проведение оценки экономической эффективности исследования.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. График проведения и бюджет НИИ
4. Расчёт денежного потока
5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИИ
6. 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	Кандидат экономических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Хачковский Антон Викторович		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2А	Хачковскому Антону Викторовичу

Институт	ИПР	Кафедра	тхнг
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	180301 Химическая технология

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (рабочей зоны, технологического процесса, механического оборудования) на предмет возникновения: – вредных проявлений факторов производственной среды (метеоусловия, вредные вещества, освещение, шумы, вибрации, электромагнитные поля, ионизирующие излучения) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу) – чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)	Часть оборудования процесса производства синтеза этанола находится в закрытом помещении – лаборатории и на открытом воздухе. Метеоусловия влияют на организацию труда, т.е. продолжительность отдыха работника и обогрева помещения; вредные вещества могут причинить вред здоровью и угрозу жизни; плохая освещенность является причиной снижения качества труда работников; шум и вибрация в лабораторной установке негативно влияет на организм человека.
2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме	

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства)	В соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 существуют 4 группы вредных веществ, а именно группа физических, химическо-биологических, психофизиологических вредных веществ. В соответствии с ГОСТ 12.01.007-76 существуют 4 класса опасности, где представлены вещества и их влияние на организм человека. С каждым веществом на производстве применяются коллективные и индивидуальные средства защиты.
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)	Существуют мероприятия, проводимые для устранения факторов поражения электрическим током. Для ликвидации пожара небольших очагов пожара на территории объекта имеются первичные средства тушения пожара – огнетушители, ящики с песком, асбестовые одеяла (кошмы) и т.д.
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);	В процессе получения этанола основным загрязняющим объектом являются сточные воды. На данном производстве целесообразно использовать химические методы очистки

– анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	сточных вод. В эту группу включают все методы нейтрализации кислот и щелочей. Вследствие различного режима образования сброса сточных вод применяют регулирующие и усредняющее устройства, с помощью которых сточные воды равномерно выпускаются в канализацию и обеспечиваются максимальное использование кислотных и щелочных агентов, содержащиеся в сточных водах. Следовательно в данном производстве нет основной угрозы на атмосферу, гидросферу, литосферу.
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка мер по повышению устойчивости объекта к данной ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий	Основная причина ЧС на данном производстве является пожар. Он может произойти от неисправности нагревательных приборов, от неисправности газопроводов и электрических проводов, а также при несоблюдении мер предосторожности. Существует ряд правил безопасности работы с каждым химическим веществом, которые необходимо знать работнику предприятия.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	В данном разделе представлены правила работы в химической лаборатории, а также в целях сохранения и повышения работоспособности, ускорения адаптации к действию неблагоприятных условий труда и т.д.
Перечень графического материала:	
При необходимости представить эскизные графические материалы к расчётному заданию (обязательно для специалистов и магистров)	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	18.05.2016г
---	--------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры	Раденков Т.А.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Хачковский Антон Викторович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 100 страниц, 5 рисунков, 36 таблиц, 36 литературных источников.

Ключевые слова: этанол, этиловый спирт, гидратация, этилен, экономическое обоснование, применение этанола, выбор и обоснование метода производства, технологическая схема, инженерные расчеты.

Объектом разработки является производство этилового спирта методом прямой гидратации этилена.

Цель работы – изучение физико – химических основ процесса и их влияния на протекание реакции, а также конструирование основного аппарата синтеза этилового спирта.

В результате исследования был выполнен расчет материального и теплового балансов, конструктивный и механический расчеты, на основании которых был выполнен чертеж основного аппарата.

Выпускная квалификационная работа выполнена на кафедре ТОВПМ студентом группы 2Д2А Хачковским А.В., под руководством кандидата химических наук Сорока Л.С.

Abstract

Final qualifying work consists of 100 pages, 5 figures, 36 tables., 36 literary sources.

Key words: ethanol, ethyl alcohol, hydration, ethylene, the economic rationale, the application of ethanol, the choice and justification of the method of production, technological scheme, engineering calculations.

The object of development is the production of ethyl alcohol by direct hydration of ethylene.

Purpose – the study of physico – chemical principles of the process and their influence on the reaction, the design of the main reactor for the synthesis of ethanol.

The study was performed calculation of material and thermal balance, structural and mechanical calculations on the basis of which was made the drawing of the main unit.

Graduation thesis done at the Department TOSPM student group 2Д2А Khackovsky A. V., under the leadership of candidate of chemical Sciences Soroka L.S

Содержание

Введение.....	11
1. Теоретическая часть.....	12
1.1 Техничко-экономическое обоснование проекта.....	12
1.2 Характеристика продукта, исходного сырья, материалов.....	20
1.2.1 Характеристика продукта	20
1.2.2 Этилен как сырье в производстве синтетического этанола	22
1.3 Физико–химические основы процесса	24
1.3.1 Влияние температуры.....	28
1.3.2 Влияние давления	29
1.3.3 Влияние циркуляции этилена	30
1.3.4 Влияние концентрации этилена в циркулирующем газе.....	31
1.3.5 Влияние мольного соотношения вода : циркулирующих газ	32
1.3.6 Влияние длительности пробега реактора.....	33
2. Инженерные расчеты.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.1 Технологическая схема установки прямой гидратации этилена	Ошибка! Закладка не определена.
2.1.1 Пути усовершенствования процесса.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Расчет материального баланса производства.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.3 Расчет теплового баланса.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.4. Конструктивно-механический расчет основного аппарата.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.4.1 Расчет толщины обечайки.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.4.2 Расчет штуцеров и фланцев	Ошибка! Закладка не определена.
2.4.3 Расчет опоры	Ошибка! Закладка не определена.
2.5. Контроль производства	Ошибка! Закладка не определена.
2.5.1 Аналитический контроль	Ошибка! Закладка не определена.
2.5.2 Автоматический контроль	Ошибка! Закладка не определена.
4. Социальная ответственность	Ошибка! Закладка не определена.

4.1 Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды	Ошибка! Закладка не определена.
4.1.1 Микроклимат.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.1.2 Освещение на рабочем месте.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.1.4 Шум и вибрации в производственных помещениях	Ошибка! Закладка не определена.
4.2 Анализ выявленных опасных факторов проектируемой производственной среды	Ошибка! Закладка не определена.
4.2.1 Электробезопасность.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.2.2 Пожарная и взрывная безопасность.....	Ошибка! Закладка не определена.
4.3. Охрана окружающей среды	Ошибка! Закладка не определена.
4.4. Защита в чрезвычайных ситуациях.	Ошибка! Закладка не определена.
4.4.1 Пожар	Ошибка! Закладка не определена.
4.5 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Ошибка! Закладка не определена.
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	35
5.1 Потенциальные потребители результатов исследования	35
5.1.1 Анализ конкурентных технических решений.....	35
5.1.2 Технология QuaD	38
5.1.3 SWOT-анализ	40
5.2 Планирование научно-исследовательских работ	45
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	45
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ	46
5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	47
5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	50
5.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ.....	50
5.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ..	52
5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы	53
5.2.4.4 Формирование бюджета затрат научно – исследовательского проекта.....	57

5.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .	58
Заключение	Ошибка! Закладка не определена.
Список литературы	Ошибка! Закладка не определена.

Введение

Этиловый спирт — является многотоннажным продуктом вырабатываемым в основном в нефтехимической и пищевой промышленности. [1]

Этиловый спирт используется в промышленности основного органического синтеза как сырье для получения широкого спектра продуктов. Находит применение в народном хозяйстве используется как растворитель, в качестве горючего в жидкостных ракетных двигателях, в качестве антифриза, необходим в производстве дивинила, в пищевой и медицинской промышленности, в производстве взрывчатых веществ и бытовой химии. Он применяется и может применяться как полупродукт органического синтеза в производстве сложных эфиров, уксусной кислоты, ацетальдегида, хлораля, хлороформа, диэтилового эфира и других продуктов. [1]

В связи с этим имеет большое значение выбор наиболее экономичного способа получения синтетического этилового спирта с учетом экологических ограничений.

Синтетический этиловый спирт требует для своего производства гораздо меньше трудовых затрат, он аналогичен по составу и качеству спирту, получаемому из пищевых продуктов, и широко применяется в различных отраслях промышленности.

1. Теоретическая часть

1.1 Технико-экономическое обоснование проекта

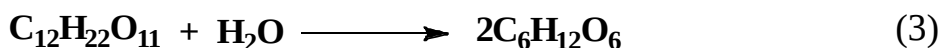
1. Брожение пищевого сырья (крахмалосодержащих и сахаристых веществ). Сущность спиртового брожения состоит в том, что виноградный сахар (глюкоза) $C_6H_{12}O_6$ в присутствии вещества, вызывающего брожение, через ряд стадий превращается в этиловый спирт и двуокись углерода:



В промышленности для получения спирта пользуются не природным виноградным сахаром, а крахмалом картофеля, хлебных злаков, отходами сахарных производств. Крахмал предварительно осахаривают под действием особого энзима – диастаза, находящегося в солоде (проросших зернах ячменя или ржи). Осахаривание идет с присоединением воды к крахмалу; при этом образуется дисахарид – мальтоза $C_{12}H_{22}O_{11}$:



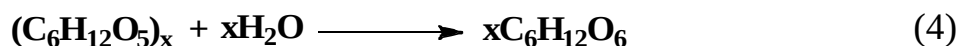
В процессе брожения под влиянием энзима мальтоза гидролизуются в глюкозу:



Глюкозу потом подвергают спиртовому брожению. Мальтоза, как и зимаза, вырабатывается быстроразмножающимися дрожжевыми грибами.

2. Гидролиз древесины с последующим брожением. Древесина состоит из целлюлозы, гемицеллюлозы (пентозаны и гексозаны) и лигнина. В состав древесины входят также дубильные вещества. На целлюлозу приходится около половины массы древесины.

Для получения спирта древесину обрабатывают (гидролизуют) серной или соляной кислотой. При этом из целлюлозы образуется глюкоза,



которая затем проходит стадию спиртового брожения. При гидролизе концентрированной (41%-ной) соляной кислотой получается раствор, содержащий до 30% сахаров.

Однако этот способ из-за сильной коррозии оборудования, а также трудностей при получении и регенерации 41%-ной соляной кислоты не нашел широкого развития.

Распространение в промышленности получил гидролиз древесины разбавленной серной кислотой. По этому методу древесные опилки обрабатывают в соединенных последовательно аппаратах (перколяторах) 0,1– 0,4%-ной H_2SO_4 при 7 – 15 кгс/см² и 150 – 170°С. Получаемый 4%-ный раствор сахара выпаривают, нейтрализуют гашеной известью и после фильтрования сбрасывают. Внедрен также гидролиз 0,4%-ной серной кислотой в трубчатых аппаратах непрерывного действия при нагревании паром под давлением 25 – 30 кгс/см².

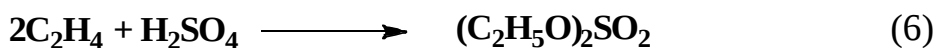
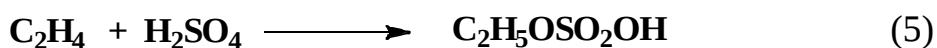
Наряду с этиловым спиртом на гидролизных заводах получают ценные побочные продукты – фурфурол, метиловый спирт, уксусную кислоту, скипидар, белковые дрожжи, лигнин и другие. Из 1 тонны древесных опилок можно получить 200 килограмм гидролизного спирта (в расчете на 100%-ный).

3. Получение этанола из сульфитных щелоков. Этиловый спирт, получаемый на предприятиях целлюлозно – бумажной промышленности при сульфитной варке целлюлозы, принято называть сульфитным спиртом.

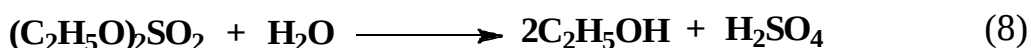
При сульфитном способе выделения чистой целлюлозы большие количества древесной щепы обрабатывают при повышенной температуре раствором бисульфита кальция или магния, содержащим некоторый избыток свободного сернистого ангидрида. Жидкость, оставшаяся после обработки щепы, называют сульфитными щелоками. Это – отход целлюлозно-бумажного производства. На каждую тонну вырабатываемой целлюлозы получается 8 – 12 кг сульфитных щелоков, содержащих 10 – 12% сухого вещества (лигнин, углеводы, белки, смолы, жиры, окись кальция и другие). Примерно 25% сухого вещества относятся к сахарам, причем 2/3 из них способны сбрасываться, давая этиловый спирт.

Из щелоков острым паром отгоняют сернистый ангидрид и другие летучие вещества, затем нейтрализуют щелок известковым молоком и направляют его в батарею бродильных чанов, где щелок последовательно перетекает из одного чана в другой. Брожение проводят при 30°C в течение примерно 20 часов при интенсивном перемешивании щелока с дрожжами. По окончании брожения дрожжи отделяют в сепараторах от сахарного раствора (бражки). Бражка получается слабой (около 1% спирта). Ее подвергают ректификации с получением 95%-ного этанола.

4. Получение этилового спирта сернокислотной гидратацией этилена. Концентрированная серная кислота способна реагировать с этиленом, образуя моно- и диалкилсульфат:



Эти эфиры при взаимодействии с водой превращаются в этиловый спирт, выделяя кислоту:



В России процесс производства синтетического этанола этим способом разрабатывался с 30-х годов, а в 1952 году был внедрен в промышленном масштабе. При этом методе можно использовать достаточно разбавленные газы (содержащие всего 30 – 40% этилена), что позволяет упростить процессы газоразделения. Содержание высших олефинов в газе должно быть минимально, так как они под действием серной кислоты полимеризуются с образованием нежелательных смолистых веществ [2].

Газ при давлении 25 кгс/см^2 и 80°C подают в нижнюю часть колонны (абсорбера), орошаемой 96-98%-ной серной кислотой. Температура абсорбции поддерживается около 70°C . Отходящие из абсорбера газы, содержащие примерно 90% этана и 4 – 6 % этилена, дросселируют до 10 кгс/см^2 , отмывают водой от унесенной кислоты, нейтрализуют 5 – 10 %-ным раствором щелочи, вновь промывают и направляют на пиролиз этана в этилен. Из нижней части абсорбера выводиться смесь моно- и диэтилсульфата с не прореагировавшей серной кислотой. Смесь охлаждают до 50°C и после дросселированной до $5\text{--}6 \text{ кгс/см}^2$ направляют в специальный аппарат для гидролиза водой, отделенной при ректификации этилового спирта.

Гидролиз проводят при $4,5\text{--}5 \text{ кгс/см}^2$ и $92\text{--}96^\circ\text{C}$. Вытекающая из нижней части гидролизера жидкость состоит из этилового спирта, воды, серной кислоты, диэтилового эфира и негидролизованного этилсульфата. Эта смесь поступает в отпарную колонну, в нижнюю часть которой вводят острый пар для завершения гидролиза и отгонки спирта и эфира. Отпарку в кубе ведут при 125°C и $1,5 \text{ кгс/см}^2$. Из куба отпарной колонны отводят 47%-ную серную кислоту, которую после очистки от смолистых веществ направляют на концентрирование.

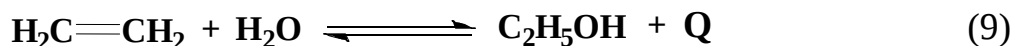
Парогазовая смесь из верхней отпарной части колонны, содержащей пары воды, этилового спирта, диэтилового эфира и кислоты, этан и этилен, поступает в нейтрализационно-отправную колонну. Нейтрализованные пары, отходящие из верхней части колонны, конденсируются в холодильниках и направляются на ректификацию в очистную колонну.

Кубовый продукт колонны разделяют на следующей ректификационной колонне на спирт и воду, используемую на стадии гидролиза. Кубовый продукт очистной колонны также проходит ректификацию; в результате получают товарный спирт-ректификат.

Экономичность данного процесса определяется в первую очередь методом концентрирования серной кислоты. Обычно концентрирование проводят в две стадии: упаривание до 88 – 93%-ной концентрации дымовыми газами в барабанных концентраторах и добавление олеума с доведением концентрации кислоты до требуемой. Для уменьшения потерь кислоты при упаривании и для предотвращения выделения ее паров в окружающий воздух из газов выходящих из концентрационных аппаратов, улавливают туман серной кислоты на мокрых электрофильтрах в электрическом поле высокого напряжения. Серноокислый конденсат из электрофильтров вновь поступает в производство. Недостатками метода являются большой расход серной кислоты, необходимость применения кислотостойкого оборудования и недостаточная селективность процесса.

5. Получение этилового спирта прямой гидратацией этилена. Прямой гидратацией этилена называется обратимый экзотермический процесс непосредственного (без образования промежуточных продуктов)

присоединения воды к этилену в присутствии катализатора с образованием этилового спирта:



Процесс прямой гидратации этилена изучался с 1932 года, а в 1948 году в Баку была построена небольшая опытная установка. В промышленном масштабе производство этилового спирта этим методом освоено с 1956 года. В настоящее время основное количество производимого в стране синтетического этанола получают прямой гидратацией этилена [4].

Катализатором процесса служит ортофосфорная кислота на шариковом носителе – силикагеле. Реакция предположительно протекает в четыре стадии:

- 1) Физическое растворение этилена в пленке кислоты;
- 2) Образование иона карбония:



3) Взаимодействие иона карбония с водой с образование иона алкоксония:



4) Разложение иона алкоксония на спирт и протон:



Активность катализатора в течение цикла его пробега постепенно снижается из-за уноса ортофосфорной кислоты с проходящим через реактор потоком продуктов. Во избежание коррозии оборудования унесенной кислотой ее нейтрализуют; с этой целью в паро-газовый поток после реактора впрыскивают подщелоченный водно-спиртовой конденсат [1].

Степень превращения этилена за один проход через реактор составляет 3,5 – 4,8%. Непрореагировавший этилен возвращается в реактор (рециркулирует), пары воды и спирта конденсируются в системе теплообменников и холодильников, а циркулирующий газ при этом охлаждается. Водно-спиртовой конденсат отделяют от циркулирующего газа в сепараторах и направляют на ректификацию. Из всего количества этилена, вступившего в реакцию, только 95 – 98,5% превращается в спирт, а остальное – в диэтиловый эфир, ацетальдегид, полимеры. С целью повышения степени превращения этилена в спирт поддерживают высокую концентрацию этилена в циркулирующем газе (90% масс. и более). При этом необходимо, чтобы концентрация этилена в свежей этиленовой фракции, поступающей с газоразделительной установки, была равно примерно 99% (масс.).

При ректификации водно-спиртового конденсата из него получают 93 – 94%-ный спирт. Из выделенного концентрированного спирта удаляют небольшие количества ацетилен. [1]

Сравнение методов. Доля различных методов производства этилового спирта в России по состоянию на 2015 год составляет (в %):

Таблица №1 – Доля различных методов производства этилового спирта в России (в %)

Спирт из пищевого сырья	49
Синтетический спирт	6
Гидролизный спирт	8
Сульфитный спирт	7

Ниже приводится себестоимость этилового спирта, полученного разными методами (в % от себестоимости синтетического этанола принятой за 100 %):

Таблица №2 – Себестоимость этилового спирта, полученного разными методами (в % от себестоимости синтетического этанола)

Спирт из пищевого сырья	600
Гидролизный спирт	200
Сульфитный спирт	150
Синтетический спирт	100

Из приведенных данных видно, что сульфитный спирт приближается по себестоимости к синтетическому этанолу. Однако это связано с весьма низкой оценкой сахаров в сульфитных щелоках; по существу же затраты в производстве сульфитного спирта выше, чем синтетического; кроме того, ресурсы сульфитных щелоков ограничены. Поэтому сульфитный спирт занимает в балансе производства этанола незначительное место. В будущем при прекращении производства бутадиена из этанола появится избыток спирта, и в связи с этим производство сульфитного спирта, вероятно, будет прекращено; этот процесс останется лишь путем использования отходов в целлюлозно-бумажной промышленности [1].

Доля гидролизного спирта в общем производстве также невелика, а довольно высокая себестоимость его препятствует дальнейшему увеличению выпуска. В будущем ряд гидролизных заводов будет переориентирован на выпуск кормовых дрожжей.

Самая высокая себестоимость у этанола, получаемого из пищевого сырья, – из-за большого расхода сельскохозяйственных продуктов. Так, для получения 1 тонны спирта нужно затратить 4,5 тонны ржи, 12 тонн картофеля или 18 тонн свеклы, т.е. для завода мощностью 100 000 м³ спирта в год соответственно потребовалось бы около 0,4 млн. тонн ржи, 1 млн. тонн картофеля или 1,5 млн. тонн свеклы.

Эти данные ясно показывают эффективность производства спирта из непищевого сырья: помимо экономии пищевых продуктов такая замена дает значительный выигрыш в трудовых затратах. Это подтверждается данными о трудоемкости производства 1 тонны этилового спирта (в чел.-ч): из картофеля 280, из зерна 160, из нефтехимического сырья 10. Надо также отметить, что при замене пищевого спирта синтетическим велика экономия по капитальным затратам.

Из приведенных двух методов производства синтетического спирта прямая гидратация этилена выгодно отличается от сернокислотной хорошими санитарными условиями, меньшей коррозией оборудования, отсутствием большого расхода серной кислоты, большей экономичностью. Себестоимость спирта, получаемого прямой гидратацией этилена, примерно в 1,5 раза меньше, чем при сернокислотной гидратации.

Процесс прямой гидратации этилена соответствует современному уровню развития техники, перспективен в отношении возможностей усовершенствования и в настоящее время занимает ведущее положение в нашей стране по объему вырабатываемого спирта [1].

1.2 Характеристика продукта, исходного сырья, материалов

1.2.1 Характеристика продукта

Этиловый спирт (этанол) представляет собой бесцветную прозрачную легкоподвижную жидкость с характерным запахом [7].

Основные константы химически чистого (абсолютного) этанола таковы:

- молекулярная масса – 46,06 г/моль;
- плотность – 798,00 кг/м³;
- растворимость в воде при н.у. – не ограничена;
- температура кипения – 78,39 °С;
- температура плавления – минус 114,15 °С.
- критическая температура – 241 °С;
- критическое давление – 6,3 МПа;
- класс опасности – 4 (вещество малоопасное);
- предельно допустимая концентрация в рабочей зоне – 100 мг/ м³.

Термодинамические свойства:

- теплоемкость C_p^0 (Дж/кг К) (-193 °С) – 2,42;
- теплота сгорания $\Delta H_{\text{сгор}}^0$ (кДж/кг) – 26,645;

В таблице 3 приведены данные по изменению показателей в диапазоне температур, характерном для промышленной практики.

Таблица №3 – Физико-химические показатели этилового спирта

Температура, °С	Давление паров, мм рт.ст.	Теплоемкость, ккал/(кг·°С)		Вязкость жидкости, сП
		жидкости	пара	
0	12,24	0,541	0,320	1,776
40	133,42	0,615	–	0,824
80	811,8	0,723	–	–
100	1692,3	0,789	0,403	0,326

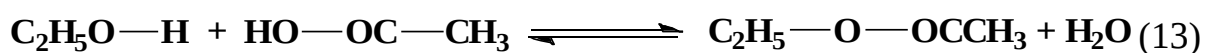
Этиловый спирт хорошо растворяется в воде, горит голубоватым слабо светящим пламенем. Спирт поглощает влагу и прочно удерживает ее. При смешении спирта с водой происходит выделение тепла и уменьшении объема смеси (контракция). Наибольшая контракция происходит при смешении 52 объемов спирта с 48 объемами воды: при 20°С вместо 100 объемов смеси получается только 96,3 объема [3].

Плотность водно-спиртовых смесей различна и зависит от концентрации спирта и температуры. На практике концентрацию спирта в смесях с водой определяют по плотности с помощью специальных таблиц.

Температура кипения водно-спиртовых смесей при атмосферном давлении составляет 78,3 – 100°С. Водный раствор спирта, содержащий 95,57% (об.) этанола представляет собой азеотропную смесь с температурой кипения 78,15°С. Следует отметить, что обычные смеси при кипении в парах содержат больший процент спирта, чем в жидкости. Для азеотропной смеси характерно, что состав паров и жидкости одинаков, поэтому получение спирта концентрацией выше 95,57% (об.) простой перегонкой или ректификацией невозможно. Абсолютный спирт получают обработкой водопоглощающими веществами (негашенной известью, безводной сернокислой медью), а также путем азеотропной ректификации с бензолом. Спирт не обладает ни кислотными, ни основными свойствами – по отношению к лакмусу и фенолфталеину он нейтрален [5].

Основные химические реакции этанола:

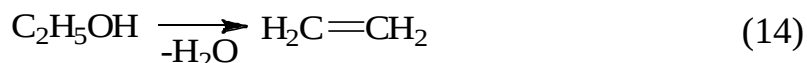
1. К реакциям, идущим с участием только водорода гидроксильной группы, относится взаимодействие спирта с органическими кислотами с получением сложных эфиров:



Реакция этерификации обратима выделяющаяся вода разлагает (гидролизует) сложные эфиры с образованием исходных веществ – кислоты и спирта [5].

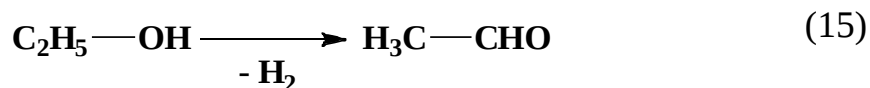
2. Реакции, идущие с участием всего гидроксила:

а) дегидратация до этилена



Происходящая при нагревании спирта с большим количеством серной кислоты, а также при пропускании паров спирта при 350 – 500 °С через окись алюминия.

б) разложение спирта на альдегид и водород



протекающий при пропускании паров спирта при 200 – 300 °С над железом, цинком, мелкоизмельченной медью и другими металлами[5]..

3. Реакция окисления, в которой одновременно принимают участие гидроксил и атомы водорода в этильном радикале. При окислении этанола образуется уксусный альдегид и уксусная кислота [5]..

1.2.2 Этилен как сырье в производстве синтетического этанола

Этилен (C_2H_4) представляет собой бесцветный газ со слабым, едва ощутимым запахом. Этилен плохо растворим в воде (при 0 °С в 100 г воды растворяется 25,6 мл этилена), горит светящимся пламенем [6].

Основные физические константы этилена таковы:

- молекулярная масса – 28,05 г/моль;
- плотность – 1,18 кг/м³;
- растворимость в воде при н.у. – 25,6 мл в 100 мл;
- температура кипения – -103,71 °С;
- температура плавления – -169,15 °С.
- критическая температура – 9,2 °С;
- критическое давление – 5,042 МПа;
- критическая плотность – 0,215 г/см³;
- класс опасности – 4 (вещество малоопасное);
- предельно – допустимая концентрация в рабочей зоне – 100 мг/ м³.

Термодинамические свойства:

- теплоемкость C_p^0 (Дж/моль К) (-193 °С) – 62,16;
- теплота сгорания $\Delta H_{\text{сгор}}^0$ (кДж/моль) – 1400.

Источником промышленного получения этилена в настоящее время является пиролиз различного углеводородного сырья: этана, пропана, бутан-пентановых и бензиновых фракций. Пиролиз осуществляется в трубчатых печах при 780 – 840°С и времени контакта 0,3 – 1 секунда. Продукты пиролиза делят на газ пиролиза (водород и углеводороды C_1 - C_4) и жидкое продукты (углеводороды C_5 и более тяжелые). Выход газа при пиролизе на этилен приблизительно составляет: при пиролизе этана 90% (в том числе 70% этилена), при пиролизе бензиновых фракций 70% (из них 25 – 30% этилена). Поток продуктов после пиролизной печи подвергается закалке водой, первичному фракционированию и охлаждению до 40°С. Газы после этого компримируют и направляют на газоразделительную установку, где методами низкотемпературной конденсации и фракционирования газ разделяют на индивидуальные углеводороды и целевые фракции. На установке выделяют таким образом этилен с концентрацией 99% и более. Основной примесью является ацетилен. К этилену, идущему на производство спирта, пока не предъявляется жестких требований по содержанию ацетилена, и поэтому его не очищают от ацетилена. Примерно 20% всего этилена, получаемого методом пиролиза, расходуется в производстве этилового спирта. Используемая в производстве этанола этиленовая фракция должна по техническим условиям заводов иметь следующий состав (в % объемных) [8].:

Таблица №4 – Состав этиленовой фракции, %

Этилен, не менее	98,5
Ацетилен, не более	0,75
Пропилен	Отсутствует

1.3 Физико–химические основы процесса

Выбор оптимального технологического режима процесса гидратации довольно сложен, что обусловлено тесной взаимосвязанностью параметров. Реакция образования этанола протекает с уменьшением числа молей и выделением тепла. Следовательно, реакции будут способствовать повышенные давления и низкие температуры. Однако активность катализатора при низких температурах мала. Вследствие этого гидратацию ведут при высоких температурах, когда равновесие сдвинуто влево; при этом степень превращения этилена составляет всего 3,5-5%, но полная конверсия этилена достигается путем его циркуляции. Повышение давления и температуры лимитируется также селективностью процесса, так как в таких условиях скорость образования побочных продуктов резко возрастает [5]..

Существенное влияние на процесс оказывают также объемная скорость подачи реакционной смеси и соотношение в ней этилен : вода.

Процесс получения спирта прямой гидратацией этилена является каталитическим, причем в прямой зависимости от активности катализатора находится эффективность всего производства. Известно , что под влиянием физико-химических факторов в процессе работы активность катализатора снижается и через 400-600 часов составляет 60-70% от первоначальной. Дальнейшая эксплуатация катализатора при этом становится экономически нецелесообразной, и катализатор перегружают.

Одна из основных причин снижения активности катализатора – уменьшение содержания в нем фосфорной кислоты вследствие ее уноса из реактора парогазовой смесью. Количество уносимой фосфорной кислоты при постоянном давлении зависит только от температуры и мольной скорости парогазовой смеси в зоне контакта в интервале от 70 до 50 часов пробега катализатора, причем унос кислоты практически равномерен [2].

Некоторое снижение уноса против среднего отмечено только в первые 50–70 часов и последние 50–100 часов.

Причиной этого является, по-видимому, в начале пробега насыщение кислотой непропитанного носителя, загруженного в нижнюю часть реактора, а в конце процесса – снизившееся содержание остаточной кислоты в реакторе.

Унос кислоты при среднем давлении в нижней части реактора ($P_{\text{ср}} = 66 \text{ кгс/см}^2$) можно рассчитать по уравнению:

$$G = 7,8 + 3,3(n - 2,02) + 0,091(t - 296) \quad (16)$$

Чтобы рассчитать унос кислоты из реактора с учетом давления, необходимо вводить поправку:

где G – унос кислоты, кг/ч;

n – мольная скорость подачи реагентов в реактор, моль/ч;

t – температура в нижней части реактора, °C.

Чтобы рассчитать унос кислоты из реактора с учетом давления, необходимо вводить поправку:

$$G_p = G \frac{66}{P} \quad (17)$$

где P – давление в кубе реактора, кгс/см².

Ниже приводятся данные опытов и расчетов:

Таблица №5 – Данные опытов и расчетов

	Опыт 1	Опыт 2
Время пробега катализатора, часов	65 – 345	66 – 322
Циркуляция этилена, т/ч	34,7	33
Подача пара для смешения, т/ч	13,9	13
Мольная скорость реакционной смеси, кмоль/ч	2,01	1,90
Температура в реакторе, °C	297,2	297,7
Давление в реакторе, кгс/см ²	66	65
Унос кислоты, кг/ч		
Фактический	8,14	7,86
Рассчитанный	7,79	7,69
Относительная ошибка, %	4,30	2,16

При гидратации этилена существует эффективный объем кислоты в реакторе. Это такой объем кислоты, выше которого скорость процесса (съем спирта с реактора) не зависит от уноса кислоты с катализатора. Эффективный объем характеризует ту минимальную толщину жидкой кислотной пленки на поверхности пор носителя, при которой вся кислота участвует в актах катализа; дальнейшее уменьшение ее толщины снижает скорость катализа.

На рисунке графически представлена зависимость степени превращения этилена в спирт от массы кислоты в реакторе при таком среднем технологическом режиме:

Таблица №6 – Параметры технологического режима в реакторе

Температура в реакторе, °С	290
Циркуляция этилена, т/ч	30,6
Давление в реакторе, кгс/см ²	70
Мольное соотношение пар:этилен	0,67:1
Концентрация этилена в циркулирующем газе, %	92,7

Как видно из рисунка 1, снижение содержания кислоты от максимального до 1530 кг не влияет на степень конверсии этилена; дальнейшее же уменьшения содержания кислоты сопровождается пропорциональным снижением степени конверсии. Иными словами, эффективное количество кислоты в реакторе равно 1530 кг.

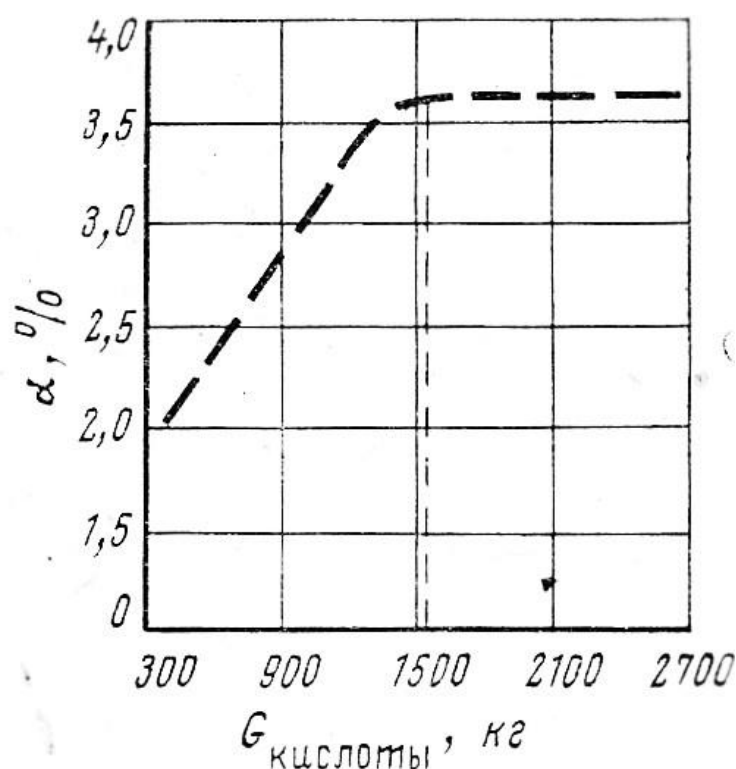


Рисунок 1 – Зависимость степени превращения этилена в спирт от количества кислоты в реакторе

Другие причины снижения активности катализатора (науглероживание, снижение механической прочности, снижение концентрации кислоты в порах) при соблюдении всех технологических норм ведения режима оказывают меньшее влияние на унос фосфорной кислоты. Указанные причины могут проявить себя лишь при заметных нарушениях режима, например науглероживание – при повышении температуры в реакторе и уменьшении подачи пара (что особенно возможно в период пуска системы), снижение механической прочности – при несоблюдении технологического регламента в катализаторном отделении; снижение концентрации кислоты в порах – при увеличении мольного отношения пара и циркулирующего газа.

Основными регулируемыми параметрами, определяющими эффективность работы установки гидратации этилена, являются: температура и давление в реакторе, величина циркуляции этилена, мольное соотношение воды и циркулирующего газа, длительность пробега реактора.

1.3.1 Влияние температуры

С повышением температуры до 290°C скорость гидратации этилена возрастает. Дальнейшее повышение температуры до 320°C сопровождается незначительным снижением степени конверсии этилена в этиловый спирт; кроме того, при этом резко возрастает выход побочных продуктов. Зависимость текущей производительности реактора по спирту (G_{cn}) от температуры (T, K) в верхней части аппарата описывается эмпирическим уравнением :

$$G_{cn} = a + bT + cT^2 \quad (18)$$

где a, b, c – коэффициенты, зависящие от активности катализатора и от технических параметров процесса.

Каждому моменту времени соответствует оптимальная температура, обеспечивающая максимальные текущую и суммарную производительности аппарата при минимальной себестоимости спирта. Отклонение температуры от оптимальное на 5°C приводит к снижению производительности реактора на 5%’ при этом соответственно возрастает расход пара, электроэнергии и катализатора на 1 тонну спирта.

Оптимальная температура (T, K) верха реактора, в соответствии с литературными данными , определяется по формуле:

$$T_{опт} = \frac{4552}{9,75 - \lg \frac{P_{H_2O}^{4/3}}{t_{эф}}} \quad (19)$$

где P_{H_2O} – парциальное давление паров воды в реакторе, кгс/см².

$t_{эф}$ – эффективное время реакции, с.

Использование этого уравнения для регулирования температуры верха аппарата осложняется трудностью определения эффективной температуры для каждого момента работы реактора.

1.3.2 Влияние давления

Для расчета производительности реактора при разном давлении можно использовать ряд уравнений, известных из литературных источников, однако ввиду сложности они здесь не приводятся. Результаты расчетов с использованием этих уравнений сведены в таблицу:

Таблица №7 – Зависимость производительности и себестоимости продукции (%) от давления в реакторе

Давление, кгс/см ²	Производительность реактора, %	Себестоимость спирта, %
60	100	100
65	107	98,0
70	113	95,5
75	119	93,5

Из таблицы видно, что повышение давления в пределах величины, допустимой по прочности оборудования (80 кгс/см²), экономически целесообразно.

1.3.3 Влияние циркуляции этилена

Согласно литературным данным, при увеличении циркуляции этилена от 20 до 40 т/ч суммарная производительность реактора возрастает. Одновременно увеличивается расход пара высокого давления и катализатора на 1 тонну спирта, но снижаются расход электроэнергии и так называемые условно-постоянные расходы (амортизационные отчисления, заработная плата и другие), что иллюстрируется в таблице. Как видно из таблицы, при повышении циркуляции этилена существенно возрастает производительность аппарата, но увеличиваются расходные коэффициенты; себестоимость спирта меняется очень незначительно. Следовательно, оптимальной циркуляции в изученном интервале не существует; циркуляцию нужно выбирать в зависимости от текущих задач производства.

Таблица №8 – Зависимость основных показателей процесса от циркуляции этилена

Циркуляц ия этилена, т/ч	Производительно сть реактора, %	Расход на 1 т спирта, %			Условно постоянн ые расходы, %	Себестоимос ть спирта, %
		Пар	Катали затор	Электро энергия		
20	100	100	100	100	100	100
25	112	110	103	93	87,0	99,96
30	118	118	106	87	78,0	100,08
35	136	124	108	82,5	70,5	100,09
40	148	129	110	79	64,5	100,33

1.3.4 Влияние концентрации этилена в циркулирующем газе

Увеличение концентрации этилена в циркулирующем газе при постоянной циркуляции способствует повышению производительности реактора и снижению расхода пара, электроэнергии и катализатора на 1 тонну спирта. В то же время для поддержания более высокой концентрации этилена в газе необходимо увеличивать долю газа, выводимого из системы для удаления инертных примесей, а это отрицательно влияет на себестоимость целевого продукта.

Зависимость основных показателей процесса от концентрации этилена в циркулирующем газе показана на рисунке 2 (температура 285 °С, давление 70 кгс/см², циркуляция этилена 26 т/ч, мольное соотношение вода : циркулирующий газ равно 0,6 : 1). Из рисунка видно, что кривая 2 (себестоимость) имеет достаточно заметный минимум, отвечающий 90%-ной концентрации этилена. Из приведенных данных также следует, что повышение концентрации этилена сверх 93% нецелесообразно, так как это приводит к значительному увеличению себестоимости спирта.

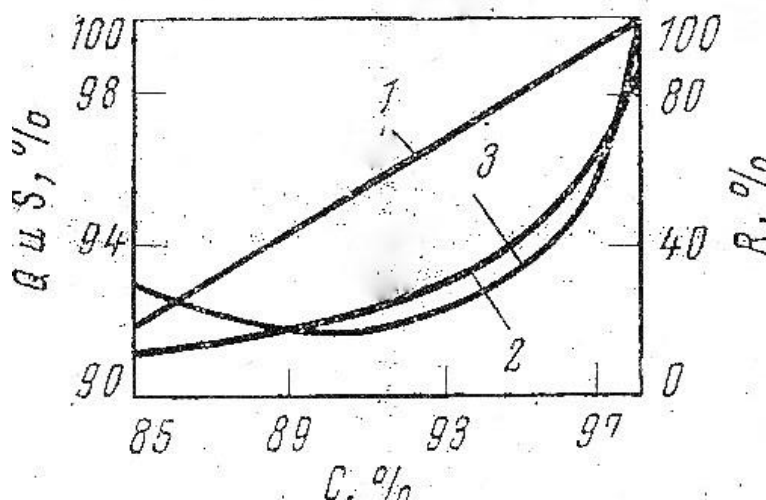


Рисунок 2 – Зависимость показателей процесса гидратации этилена от концентрации этилена в циркулирующем газе

1 – производительность реактора; 2 – себестоимость спирта; 3 – отдувка на тонну спирта.

1.3.5 Влияние мольного соотношения вода : циркулирующих газ

Зависимость основных показателей процесса от этого соотношения определяется с помощью довольно сложных уравнений, которые здесь не приводятся. На рисунке 3 приведена графическая зависимость показателей процесса гидратации этилена от мольного соотношения вода : циркулирующий газ. Из графика видно с увеличением мольного соотношения повышаются производительность реактора и расход пара на 1 тонну спирта; при этом расход электроэнергии и катализатора уменьшаются. Кроме того, при увеличении мольного соотношения концентрация спирта в водно-спиртовом конденсате снижается, и, следовательно, увеличиваются затраты электроэнергии на стадии ректификации. Оптимальным с точки зрения себестоимости является мольное соотношение вода:газ равное $(0,6 - 0,7) : 1$.

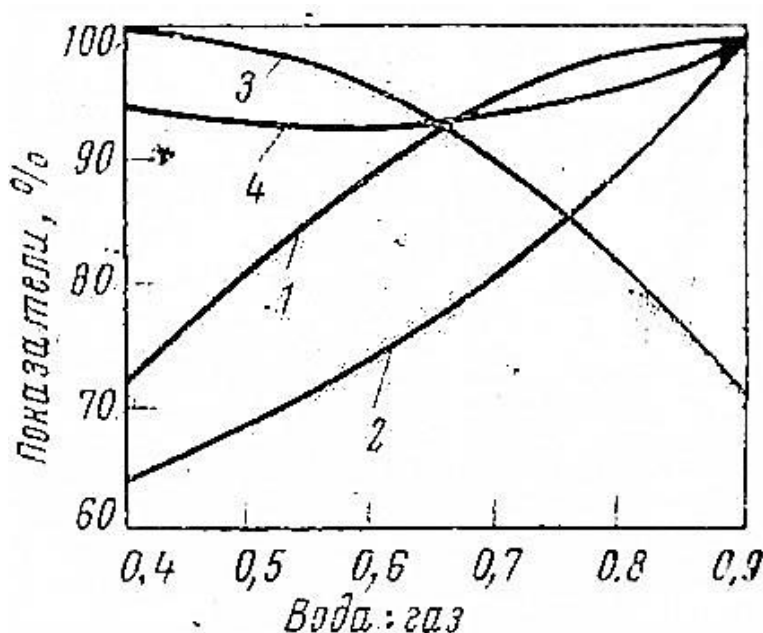


Рисунок 3 – Зависимость показателей процесса гидратации этилена от мольного соотношения вода : циркулирующий газ

1 – производительность реактора; 2 – расход пара; 3 – расход катализатора и электроэнергии; 4 – себестоимость спирта.

1.3.6 Влияние длительности пробега реактора

Процесс гидратации этилена в принятом в нашей стране технологическом оформлении является полунепрерывным. В результате уноса кислоты из реактора активность катализатора уменьшается, поэтому реактор останавливают для перезагрузки. Чем больше время пробега между перезагрузками, тем выше коэффициент использования реактора, а значит, и его суммарная производительность. Зависимость между этими величинами выражается соотношением:

$$Q = G_{сп} \frac{\tau}{\tau + \tau'} \quad (20)$$

где $G_{сп}$ – текущая среднечасовая производительность

τ, τ' – время пробега между перезагрузками и время, затраченное на перезагрузку реактора.

Однако увеличение времени работы реактора между перезагрузками улучшает показатели процесса только до определенного значения, а именно до момента достижения эффективного объема кислоты в реакторе; дальнейшая работа на малоактивном катализаторе экономически неэффективна.

Зависимость суммарной производительности реактора и себестоимости получаемого спирта от времени пробега между перегрузками при разном количестве исходной кислоты показана на рисунке 4. Каждому количеству загруженной в реактор кислоты соответствует оптимальное время пробега, отвечающее максимальной суммарной производительности при минимальной себестоимости.

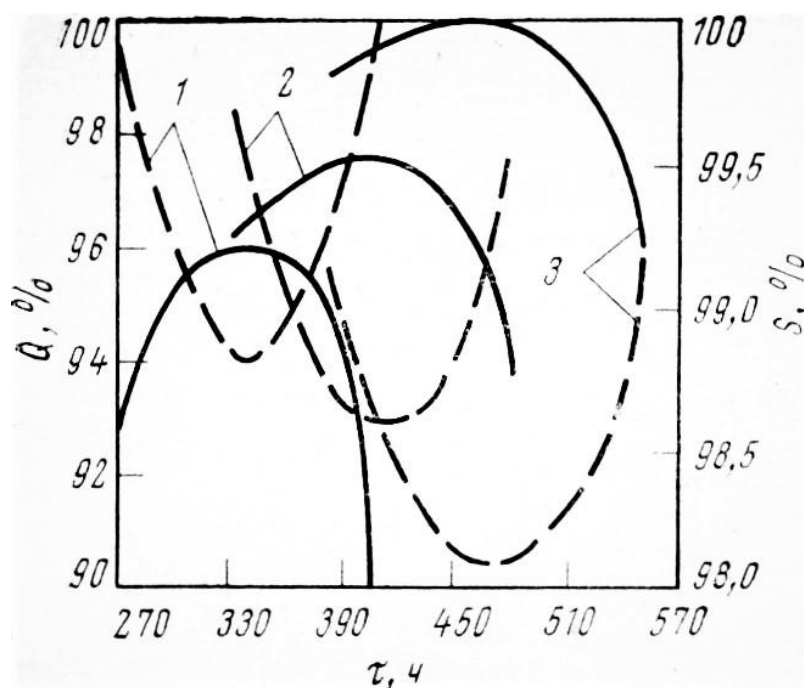


Рисунок 4 – Зависимость производительности реактора от времени пробега

При этом с увеличением исходного количества кислоты показатели работы реактора существенно улучшаются.

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

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

Алгоритм и программа расчет были взяты из методики [29].

5.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Основными потребителями этилового спирта являются юридические лица - компании которые используют этиловый спирт в промышленности основного органического синтеза как сырье для получения широкого спектра продуктов. Находит применение в народном хозяйстве: используется как растворитель, в качестве горючего в жидкостных ракетных двигателях, в качестве антифриза, необходим в производстве дивинила, в пищевой и медицинской промышленности, в производстве взрывчатых веществ и бытовой химии. Он применяется и может применяться как полупродукт органического синтеза в производстве сложных эфиров, уксусной кислоты, ацетальдегида, хлораля, хлороформа, диэтилового эфира и других продуктов. Мощность производства этилового спирта составляет 21 тыс. тонн в год.

5.1.1 Анализ конкурентных технических решений

Наше производство получает этиловый спирт путем прямой гидратации этилена водяным паром на фосфорнокислотном катализаторе. Конкуренты получают этиловый спирт путем сернокислотной гидратации с использованием сернокислого катализатора или из сульфитных щелоков.

Экономичность процесса сернокислой гидратации определяется в первую очередь методом концентрирования серной кислоты. Обычно концентрирование проводят в две стадии: упаривание до 88 – 93%-ной концентрации дымовыми газами в барабанных концентраторах и добавление олеума с доведением концентрации кислоты до требуемой.

Для уменьшения потерь кислоты при упаривании и для предотвращения выделения ее паров в окружающий воздух из газов выходящих из концентрационных аппаратов, улавливают туман серной кислоты на мокрых электрофильтрах в электрическом поле высокого напряжения. Серноокислый конденсат из электрофильтров вновь поступает в производство. Недостатками метода являются большой расход серной кислоты, необходимость применения кислотостойкого оборудования и недостаточная селективность процесса.

При сульфитном способе получения этилового спирта используют жидкость, оставшуюся после обработки щепы на целлюлозно-бумажном производстве, которую называют сульфитными щелоками. Это – отход целлюлозно-бумажного производства. На каждую тонну вырабатываемой целлюлозы получается 8 – 12 кг сульфитных щелоков, содержащих 10 – 12% сухого вещества (лигнин, углеводы, белки, смолы, жиры, окись кальция и другие). Примерно 25% сухого вещества относятся к сахарам, причем 2/3 из них способны сбраживаться, давая этиловый спирт.

Из щелоков острым паром отгоняют сернистый ангидрид и другие летучие вещества, затем нейтрализуют щелок известковым молоком и направляют его в батарею бродильных чанов, где щелок последовательно перетекает из одного чана в другой. Брожение проводят при 30°С в течение примерно 20 часов при интенсивном перемешивании щелока с дрожжами. По окончании брожения дрожжи отделяют в сепараторах от сахарного раствора (бражки). Бражка получается слабой (около 1% спирта). Ее подвергают ректификации с получением 95%-ного этанола.

Жидкая ортофосфорная кислота по сравнению с серной кислотой более активна и благодаря этому легче происходит регенерация катализатора, что снижает его расход. Преимуществом процесса является лучшее качество этилового спирта без значительного увеличения расхода катализатора и высокая селективность процесса (97–99%).

Б_{п.г} – Этанол полученный путем прямой гидратации этилена.

B_{K1} – Этанол полученный сернокислотной гидратации.

B_{K2} –Этанол полученный из сульфитных щелоков.

Таблица №20 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{П.Г}$	B_{K1}	B_{K2}	$K_{П.Г}$	K_{K1}	K_{K2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Повышение производительности труда пользователя	0,06	5	5	4	0,3	0,3	0,24
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
3. Помехоустойчивость	0,03	4	4	4	0,12	0,12	0,12
4. Энергоэкономичность	0,03	4	4	5	0,12	0,12	0,15
5. Надежность	0,05	5	4	5	0,25	0,2	0,25
6. Уровень шума	0,04	3	4	4	0,12	0,16	0,16
7. Безопасность	0,05	4	2	3	0,2	0,1	0,15
8. Потребность в ресурсах памяти	0,05	4	4	3	0,2	0,2	0,15
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
10. Простота эксплуатации	0,05	3	3	4	0,15	0,15	0,2
11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	4	3	4	0,2	0,15	0,2
12. Возможность подключения в сеть ЭВМ	0,06	4	4	5	0,24	0,24	0,3
Экономические критерии оценки эффективности							
1. Конкурентоспособность продукта	0,07	4	5	4	0,28	0,35	0,28
2. Уровень проникновения на рынок	0,06	4	4	4	0,24	0,24	0,24
3. Цена	0,06	4	4	3	0,24	0,24	0,18
4. Предполагаемый срок эксплуатации	0,05	4	3	2	0,2	0,15	0,1
5. Послепродажное обслуживание	0,04	5	4	4	0,2	0,16	0,16
6. Финансирование научной разработки	0,05	5	5	4	0,25	0,25	0,2
7. Срок выхода на рынок	0,05	4	4	4	0,2	0,2	0,2
8. Наличие сертификации разработки	0,06	5	5	4	0,3	0,3	0,24
Итого	1	84	79	78	4,21	3,99	3,88

Из данных таблицы видно, что у полученного этилового спирта на основе катализатора ортофосфорной кислоты больше преимуществ.

5.1.2 Технология QuaD

Таблица №21 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	
Показатели оценки качества разработки					
1. Энергоэффективность	0,06	80	100	80	4,8
2. Помехоустойчивость	0,04	76	100	76	3,04
3. Надежность	0,04	80	100	80	3,2
4. Унифицированность	0,03	75	100	75	2,25
5. Уровень материалоемкости разработки	0,05	70	100	70	3,5
6. Уровень шума	0,04	70	100	70	2,8
7. Безопасность	0,05	70	100	70	3,5
8. Потребность в ресурсах памяти	0,05	80	100	80	4
9. Функциональная мощность (предоставляемые возможности)	0,05	85	100	85	4,25
10. Простота эксплуатации	0,05	80	100	80	4

Продолжение таблицы– 21

11. Качество интеллектуального интерфейса	0,05	85	100	85	4,25
12. Ремонтопригодность	0,06	70	100	70	4,2
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
13. Конкурентоспособность продукта	0,07	70	100	70	4,9
14. Уровень проникновения на рынок	0,06	80	100	80	4,8
15. Перспективность рынка	0,06	90	100	90	5,4
16. Цена	0,05	85	100	85	4,25
17. Послепродажное обслуживание	0,04	70	100	70	2,8
18. Финансовая эффективность научной разработки	0,05	85	100	85	4,25
19. Срок выхода на рынок	0,05	75	100	75	3,75
20. Наличие сертификации разработки	0,06	90	100	90	4,5
Итого	1			1646	78,44

Значение P_{cp} позволяет говорить о перспективах разработки и качестве проведенного исследования. P_{cp} получилось от 79 до 60 перспективность выше среднего [29].

По данным таблице можно сделать вывод, что деньги надо инвестировать в научные исследования и на модернизацию и улучшения оборудования, что увеличит скорость выхода продукта, также понизится шум и увеличится помехоустойчивость и безопасность производства.

5.1.3 SWOT-анализ

При проведении анализа среды предприятия изучили факторы внешней и внутренней среды а также особенности их влияния на рентабельное функционирование предприятия. Вследствие проведенного анализа обозначили возможности и угрозы внешней среды, а также сильные и слабые стороны предприятия [29].

Таблица №22 – Анализ факторов макросреды (факторы внешней среды дальнего действия)

Группа факторов	Факторы	Характер влияния на организацию «+», «-»	Действия организации
Экономический	1. Снижение покупательской способности потребителя	«-» уменьшение выручки от продажи	Наработка ценового конкурентного преимущества
	2. Повышение уровня цен	«-» снижение покупательской способности потребителя	
	3. Увеличение налоговых ставок	«-» снижение чистой прибыли	Проведение оптимальной налоговой политики
Научно-технический	1. Появление современных технологий (оборудования)	«+» увеличение чистого денежного потока (повышение стоимости предприятия)	Внедрение новых технологий (модернизация оборудования) с целью наработки конкурентных преимуществ продукта
		«-» сокращение чистого денежного потока в случае внедрения НТП конкурентами	-//-
Социо-культурный	1. Затраты на усовершенствование персонала (стажировки, улучшение квалификации)	«+» появление на рынке труда квалифицированных кадров	Прием на работу персонала высокой квалификации. Разработка эффективных инноваций. Повышение стоимости предприятия

Таблица №23 – Анализ факторов микроокружения

Группа факторов	Факторы	Характер влияния на организацию «+», «-»	Действия организации
Потребители	Увеличение покупательской способности	«+» возможность увеличения объемов производимой продукции, увеличение прибыли	Модернизация производства Увеличение оборотных средств на производство ГП
	Снижение покупательской способности	«-» снижение объемов производимой продукции	Поиск путей дифференциации хозяйственного портфеля в целях 100% загрузки производственных мощностей
Поставщики	Увеличение стоимости оборудования	«-» перебои в поставках «-» повышение цены оборудования	Новые формы сотрудничества, заключение долгосрочных договоров Поиск новых поставщиков
	Несоблюдение сроков и условий поставки	«-» сбой в работе предприятия	Введение штрафных санкций за несоблюдение обязательств Смена поставщика

	Предоставление скидок в зависимости от объемов партии сырья	«+» возможность снижения себестоимости (цены) ГП , увеличение выручки от продаж	Разработка эффективной программы продвижения продукта Увеличение доли рынка Повышение стоимости предприятия
Конкуренты	Ужесточение конкуренции	«–» угроза снижения доли рынка, снижения объемов производства и реализации, уменьшение прибыли	Удержание позиций предприятия: наработка и укрепление конкурентных преимуществ, разработка программы продвижения продукта предприятия
	Наличие высоких входных барьеров	«+» отсутствие возможности появления новых конкурентов	Создание входных барьеров для потенциальных конкурентов

Таблица №24 – Анализ внутренней среды предприятия

Факторы среды	Сильные стороны	Слабые стороны
Маркетинг	1. Наличие эффективной программы продвижения ГП 2. Наличие эффективных каналов распределения ГП 3. Наличие связей 4. Наличие неэффективной программы продвижения ГП 5. Наличие рекламы 6. Наличие бюджетного финансирования	1. Низкий уровень маркетинговых исследований
Менеджмент	1. Наличие высококвалифицированных управленческих кадров 2. Четко поставленные цели 3. Наличие стратегии развития предприятия 4. Наличие эффективной программы реализации стратегии	1. Неэффективный менеджмент 2. Отсутствие четкой стратегии развития предприятия
Кадры	1. Высокий уровень профессионализма кадров 2. Отсутствие текучести Кадров 3. Высокая рентабельность персонала	1. Низкий уровень квалификации кадров 2. Отсутствие эффективной системы мотивации и стимулирования
Производство	1. Наличие современной технологии 2. Наличие современного оборудование 3. Проведение научно-технических разработок 4. Наличие конкурентных преимуществ ГП 5. Наличие экономичность и энергоэффективность технологии. 6. Экологичность технологий 7. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями.	1. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца
Корпоративная культура	1. Высокий уровень корпоративной культуры	1. Разногласия среди персонала

Составляется матрица SWOT, которая имеет следующий вид:

Таблица №25 – Матрица SWOT

	Возможности: 1. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ 2. Повышение стоимости конкурентных разработок 3. Появление дополнительного спроса на новый продукт 4. Появление современных технологий, а также оборудования 5. Появление новых программ по повышению квалификации персонала	Угрозы: 1. Отсутствие спроса на новые технологии производства 2. Развитая конкуренция технологий производства 3. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства
Сильные стороны: 1. Наличие экономичность и энергоэффективность технологии. 2. Экологичность технологий 3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологиями. 4. Наличие бюджетного финансирования 5. Высокий уровень профессионализма кадров	1. Разработка технологии алкилирования бензола этиленом с целью производства стирола с требуемыми конкурентными преимуществами(ценное и дифференциации) 2. Повышение рентабельности производства 3. Стажировка персонала за рубежом	1. Создание программы продвижения проекта. 2. Изучение конкурентов и создание конкурентных стратегий. 3. Лоббирование своего проекта на уровне государства
Слабые стороны: 1. Отсутствие инжиниринговой компании, способной построить производство под ключ 2. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца 3. Большой срок поставок материалов и комплектующий, используемые при проведении научного исследования	1. Создание инжиниринговой компании способной запустить производство 2. Закупка необходимого оборудования 3. Смена оптимального поставщика	1. Создание инжиниринговой компании способной запустить производство 2. Закупка необходимого оборудования - Смена оптимального поставщика 3. Изучение конкурентов и создание конкурентных стратегий. 4. Лоббирование своего проекта на уровне государства

5. 2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой входят главные инженера, инженеры, техники и лаборанты. Составляем перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проводим распределение исполнителей по видам работ [29].

Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблицу 26.

Таблица №26 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Главный инженер
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Проведение патентных исследований	Инженер, лаборант, специалист
	4	Выбор направления исследований	Инженер
	5	Календарное планирование работ по теме	Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Инженер, лаборант
	7	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Специалист
	8	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер, лаборант, специалист
	9	Утверждение лучшего результата	Главный инженер
Обобщение и оценка результатов	10	Оценка эффективности полученных результатов	Инженер
	11	Определение целесообразности проведения ОКР	Инженер

Проведение ОКР			Специалист
Разработка технической документации и проектирование	12	Разработка блок-схемы, принципиальной схемы	Специалист
	13	Выбор и расчет конструкции	Инженер, специалист
	14	Оценка эффективности производства и применения проектируемого изделия	Инженер, специалист
	15	Утверждение технической документации и схемы.	Главный инженер
Изготовление и испытание макета (опытного образца)	16	Конструирование и изготовление макета (опытного образца)	Инженер, специалист
	17	Лабораторные испытания макета	Лаборант
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	17	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Главный инженер
	18	Оформление патента	Генеральный директор
	19	Размещение рекламы	Менеджер

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (83)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

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

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяем продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (84)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, рабочих дней;

$t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

5.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Строим диаграмму Ганта. Диаграмма Ганта – это горизонтальный ленточный график, на котором представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ [29].

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (85)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 91 - 14} = 1,4 \quad (86)$$

где $T_{\text{кал}}$ – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$ – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$ – количество праздничных дней в году.

Рассчитанные значения в календарных днях по каждой работе T_{ki} необходимо округлить до целого числа.

Все рассчитанные значения необходимо свести в таблицу 27.

Таблица №27– Временные показатели проведения научного исследования

Названи е работы	Трудоёмкость работ									Исполни тели	Длительно сть работ в рабочих днях T_{pi}	Длительно сть работ в календарн ых днях T_{ki}						
	t_{min} , чел-дни			t_{max} , чел- дни			$t_{ож\acute{e}i}$, чел-дни											
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3				Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Составл ение ТЗ	3	2	3	3	3	1	2	2	2	Руковод итель			3	2	2	5	3	3
Изучени е литерат уры	25	2 4	2 3	2 6	2 8	28	2 6	26	2 5	Инженер			26	2 6	2 5	3 7	36	35
Патентн ый поиск	4	3	2	5	5	5	4	4	3	Инженер			5	4	3	7	5	4
Выбор напр. исслед.	3	2	2	3	4	3	3	3	2	Руков., инж.			2	1	1	2	2	2
Лаборат орные испытан ия	27	2 5	2 5	2 8	3 0	29	2 7	27	2 7	Руков., инж., лаборант			14	1 4	1 3	2 0	19	19
Введени е в произво дство	45	4 7	2 6	4 7	5 0	49	4 8	48	3 5	Руков., инж,лаб орант			24	2 4	1 8	3 3	34	25

На основе таблицы 27 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках научно-исследовательского проекта на основе таблицы 27 с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени дипломирования. При этом работы на графике следует выделить различной штриховкой в зависимости от исполнителей, ответственных за ту или иную работу [29].

Таблица № 28 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	T _{ki} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Составление ТЗ	Руководитель	4														
2	Изучение литературы	Инженер (дипломник)	28														
3	Патентный поиск	Инженер (дипломник)	6														
4	Выбор напр. исслед.	Руков., инж.	4					 									
5.	Лабораторные испытания	Руков., инж.,лаборант	30						  								
6.	Введение в производст во	Руков., инж.,лаборант	50									  					

Руководитель - ■ Инженер - ■ Лаборант – ■

5.2.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы.

5.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Данный раздел включает стоимость всех материалов, используемых при разработке проекта:

- приобретаемые со стороны сырье и материалы, необходимые для создания научно-технической продукции;
- покупные материалы;
- сырье и материалы.

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$З_{\text{м}} = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m Ц_i \cdot N_{\text{расх}i} \quad (87)$$

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{\text{расх}i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования

$Ц_i$ – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м² и т.д.);

k_T – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Величина коэффициента (k_T), отражающего соотношение затрат по доставке материальных ресурсов и цен на их приобретение, зависит от условий договоров поставки, видов материальных ресурсов, территориальной удаленности поставщиков и т.д. Транспортные расходы принимаются в пределах 15-25% от стоимости материалов. Материальные затраты, необходимые для данной разработки, заносятся в таблицу 21.

Таблица №29 - Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., 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
Этилен	т	1	1	1	42920	43500	43000	42920	43500	43000
Каталитический комплекс:										
Катализатор	т	0,5	0,5	0,5	35000	37000	36000	17500	18500	18000
Кислота ортофосфорная	т	0,7	0,7	0,7	159300	155890	15500	159300	155890	15500
Кислота серная	т	0,7	0,7	0,7	66600	50000	60000	46620	35000	42000
раствор гидроксида натрия	т	0,5	0,5	0,5	51000	75000	60000	25500	37500	30000
Итого								291840	290390	148500

5.2.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

В данную часть включают все затраты, связанные с приобретением специального оборудования (приборов, контрольно-измерительной аппаратуры, стенов, устройств и механизмов), необходимого для проведения работ по конкретной теме. Расчет затрат по данной статье заносится в таблицу 30.

Таблица №30 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования			Кол-во единиц оборудования			Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Аппарат для приготовления комплекса			1			40000			40000		
2	Компрессорная станция			1			900000			900000		
3	Холодильник			2			60000			60000		
4	Гидролизатор			1			1500000			1500000		
5	Сепаратор			2			120000			8000		
6	Емкость			1			150000			150000		
7	Отстойники			3			45000			45000		
8	Колонна для обессоливания			1			1000000			1000000		
9	Насос			1			130000			130000		

Продолжение таблица–30

10	Колонна для нейтрализации и	1	1000000	1000000
11	Установка для ректификации	1	800000	80000
Итого				6015000

5.2.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В часть включается основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, рабочих макетных мастерских и опытных производств, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в таблицу 31.

Таблица №31 – Расчет основной заработной платы

№ п/ п	Наименован ие этапов			Исполнитель и по категориям			Трудо- емкость, чел.- дн.			Заработная плата, приходящаяся на один чел.-дн., тыс. руб.			Всего заработная плата по тарифу (окладам), тыс. руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Составление ТЗ			Руководител ь			2	2	2	364 4	3644	3644	4373	4373	437 3
2	Изучение литературы			Инженер			26	26	25	306 54	3065 4	2947 5	3678 5	3678 5	353 70
3	Патентный поиск			Инженер			4	4	3	471 6	4716	3537	5659	5659	424 4
4	Выбор напр. исслед.			Руководител ь			3	3	2	546 6	5466	3644	6559	6559	437 3
				Инженер						353 7	3537	2358	4244	4244	283 0
5	Лабораторн ые испытания			Руководител ь			27	27	27	491 94	4919 4	4919 4	5903 3	5903 3	590 33
				Инженер						318 33	3183 3	3183 3	3820 0	3820 0	382 00
				Лаборант						187 92	1879 2	1879 2	2255 0	2255 0	225 50
6	Введение в производств о			Руководител ь			48	48	35	874 56	8745 6	6377 0	1049 47	1049 47	765 24
				Инженер						565 92	5659 2	4126 5	6791 0	6791 0	495 18
				Лаборант						334 08	3340 8	2436 0	4009 0	4009 0	292 32
Итого:													3903 50	3903 50	326 246

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

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} \quad (88)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата;

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата (12-20 % от $З_{осн}$).

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p \quad (89)$$

где $З_{осн}$ – основная заработная плата одного работника;

T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн. (табл. 8);

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_d} \quad (90)$$

где $З_m$ – 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;

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

Таблица №32 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер	Лаборант
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней	105	105	105
- выходные дни			
- праздничные дни			
Потери рабочего времени	29	29	29
- отпуск			
- невыходы по болезни			
Действительный годовой фонд рабочего времени	231	231	231

Месячный должностной оклад работника:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}} \quad (91)$$

где $З_{\text{тс}}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3 (т.е. 30% от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок составляет примерно 0,2 – 0,5 (в НИИ и на промышленных предприятиях – за расширение сфер обслуживания, за профессиональное мастерство, за вредные условия: 15-20 % от $З_{\text{тс}}$);

$k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

Тарифная заработная плата $З_{\text{тс}}$ находится из произведения тарифной ставки работника 1-го разряда $T_{\text{с1}} = 600$ руб. на тарифный коэффициент $k_{\text{т}}$ и учитывается по единой для бюджетных организации тарифной сетке. Для предприятий, не относящихся к бюджетной сфере, тарифная заработная плата (оклад) рассчитывается по тарифной сетке, принятой на данном предприятии.

Таблица №33 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	Разряд	k_t	$Z_{тс}$, руб.	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб.	$Z_{дн}$, руб.	T_p , раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.
Руководитель	6	54	17000	0,3	0,4	1,3	37570	1822	88	160299
Инженер	5	47	11000	0,3	0,4	1,3	24310	1179	118	139083
Лаборант	4	39	6500	0,3	0,4	1,3	14365	696	80	55719
Итого $Z_{осн}$										355100

5.2.4.4 Формирование бюджета затрат

научно – исследовательского проекта

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) 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 таблице 34

Таблица №34 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	579135	399646	181000	Пункт 2.4.1
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	6715000	6715000	6715000	Пункт 2.4.2
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	390350	390350	326246	Пункт 2.4.3
4. Бюджет затрат НТИ	8263620	7504996	7222246	Сумма ст. 1- 4

5.3 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 показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат трех (или более) вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (92)$$

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

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

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

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i \quad (93)$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки;

b_i^a, b_i^p – бальная оценка i -го варианта исполнения разработки,

устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

n – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы 27.

Таблица №35 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3	3
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3	3
4. Энергосбережение	0,20	4	3	3
5. Надежность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4	4
ИТОГО	1			

$$I_{p-исн1} = 5*0,1 + 4*0,15 + 5*0,15 + 4*0,2 + 4*0,25 + 5*0,05 + 4*0,01 = 3,94.$$

$$I_{p-исн2} = 4*0,1 + 3*0,15 + 3*0,15 + 3*0,2 + 4*0,25 + 4*0,05 + 4*0,1 = 3,5.$$

$$I_{p-исн3} = 4*0,1 + 3*0,15 + 3*0,15 + 3*0,2 + 4*0,25 + 4*0,05 + 4*0,1 = 3,5.$$

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

$$I_{исн.1} = \frac{I_{p-исн1}}{I_{финр.1}} \quad I_{исн.2} = \frac{I_{p-исн2}}{I_{финр.2}} \quad (94)$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта. Сравнительная эффективность проекта ($\mathcal{E}_{cp}$):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исн.1}}{I_{исн.2}} \quad (95)$$

Таблица №36 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный показатель финансовой эффективности	8263620	7504996	7222246
2	Интегральный финансовый показатель	1	0,908197	0,873981
3	Интегральный показатель ресурсоэффективности	3,94	3,15	3,5
4	Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки	3,94	3,46841	4,004664
5	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,135967	0,866093	1,016412

Сравнение значений интегральных показателей эффективности видно, что 1 исполнение более эффективное решения поставленной в бакалаврской работе технической задачи с позиции финансовой и ресурсной эффективности.

