

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 ТОВПМ

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы	
Проект узла синтеза акриловой кислоты	

УДК 661.742.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Великоречина Любовь Евгеньевна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ТОВПМ	Сорока Людмила Станиславовна	К. Х. Н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. менеджмента	Рыжакина Татьяна Гавриловна	К. ЭК. Н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент каф. ЭБЖ	Раденков Тимофей Александрович			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТОВПМ	Юсубов Мехман Сулейманович	Д. Х. Н., профессор		

Томск – 2016 г.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2А	Великоречиной Любви Евгеньевне

Тема работы:

Проект узла синтеза акриловой кислоты		
Утверждена приказом директора (дата, номер)	22.03.2016	2235/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	8.06.2016
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	1. Производительность по акриловой кислоте – 30000 т/год 2. Годовой фонд рабочего времени – 8000 ч 3. Объемное отношение компонентов на входе в реактор второй стадии пропилен:воздух=1:5.6 4. Степень конверсии пропилена не менее 93%
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Литературный обзор. 2. Объекты и методы проектирования. 3. Расчеты. 4. Результаты разработки. 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность, ресурсосбережение. 6. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1. Чертеж общего вида 2. Технологическая схема 3. Чертеж сборочных единиц
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	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	29.09.2015г.
---	--------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Сорока Л.С	к. х. н.		29.09.2015г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Великоречина Любовь Евгеньевна		29.09.2015г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2А	Великоречиной Любви Евгеньевне

Институт	Природных ресурсов	Кафедра	ТОВПМ
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, статистических 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 производства акриловой кислоты

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	Великоречина Любовь Евгеньевна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д2А	Великоречиной Любови Евгеньевне

Институт	ИПР	Кафедра	ТОВПИМ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	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, шум, вибрация) – опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, термического характера, электрической, пожарной и взрывной природы) – негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)	Основное оборудование расположено на улице. Производство связано с вредными веществами, такими как пропилен, акролеин, изобутилацетат, акриловая кислота. Освещение смешанное. Имеются источники шума и вибрации. Производство травмоопасное, с применением высоких температур, оснащено электрооборудованием, кабелями. Применяются легковоспламеняющиеся и взрывчатые вещества. Основными путями воздействия производства на окружающую среду – загрязнение атмосферного воздуха, водоемов и почвы в результате утечек, нарушения правил хранения, аварийных ситуациях.
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)	Часть работ проводится при повышенных или пониженных температурах окружающей среды, что негативно влияет на здоровье работников. При отсутствии средств индивидуальной защиты возможны отравления и получение химических ожогов. Методы и средства индивидуальной и коллективной защиты от шума и вибрации препятствуют возникновению профессиональных заболеваний.
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)	На производстве множество причин получения механических травм. Из-за повышенных температур поверхностей возможно получение термических ожогов. Использование неисправного и незаземленного электрооборудования может повлечь поражение работников электрическим током. Во избежание травм следует строго соблюдать технику безопасности и использовать индивидуальные средства защиты. Использование легковоспламеняющихся жидкостей, а так же нарушение пожарной безопасности может привести к пожарам и взрывам
3. Охрана окружающей среды: – защита селитебной зоны	Основными направлениями негативного воздействия производства на окружающую

– анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы); – анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);	среди являются загрязнения атмосферного воздуха, водоемов и почвы в результате утечек, нарушения правил хранения, аварийных ситуациях
4. Защита в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС на объекте; – 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	На предприятии возможна утечка, разлив, россыпь продуктов, полупродуктов и отходов производства, а также пожары.
5. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	Каждому работнику предоставляется рабочее место, обязательное социальное страхование и он обеспечен средствами индивидуальной и коллективной защиты. Оборудование устанавливается на открытой площадке и группируется в технологические блоки.
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	16.03.2015г
---	-------------

Задание выдал консультант:

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

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д2А	Великоречина Любовь Евгеньевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 88 с., 6 рис., 30 табл., 15 источников.

Ключевые слова: акриловая кислота, акролеин, каталитическое окисление, окисление пропилена, окисление акролеина.

Объектом исследования является акриловая кислота.

Цель работы – спроектировать узел синтеза акриловой кислоты.

В процессе исследования проводились: изучение промышленных методов получения акриловой кислоты, подбор оптимальных условий синтеза, расчет материального и теплового балансов, проектирование реактора стадии окисления акролеина.

В результате исследования спроектирован узел синтеза акриловой кислоты.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: реактор второй ступени вертикальный кожухотрубчатый аппарат диаметром 3000 мм, высотой 8635 мм с трубками в количестве 1303 шт, внутренним диаметром 52 мм, высотой 5300 мм. Трубки реактора заполнены катализатором.

Степень внедрения: данные результаты можно использовать при более детальном изучении процесса окисления пропилена кислородом воздуха с образованием акриловой кислоты.

Область применения: химическая промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы определяется большей производственной мощностью.

ABSTRACT

Final qualifying work 88 p., 6 fig., 30 tab., 15 sources.

Keywords: acrylic acid, acrolein, catalytic oxidation, the oxidation of propylene, oxidation of an akrolein.

The object of this study is acrylic acid.

The purpose of work - to design the synthesis of acrylic acid unit.

The study was conducted with the study of industrial methods of production of acrylic acid, the selection of the optimal synthesis conditions, calculation of material and heat balances, the reactor design phase oxidation of acrolein.

The study was designed assembly synthesis of acrylic acid.

The basic constructive, technological and technical and operational characteristics: a reactor of the second stage vertical shelltube unit 3000 mm, height 8635 mm with the tubes in the amount of 1303 pieces, an inner diameter of 52 mm, 5300 mm high. Reactor tubes filled with catalyst.

Degree of implementation: these results can be used in a more detailed study of the process of oxidation of propylene with atmospheric oxygen to produce acrylic acid.

Application: chemical industry.

Cost-effectiveness / value of the work is determined by the greater production capacity.

Оглавление

Введение.....	9
1 Теоретическая часть.....	10
1.1 Техничко-экономическое обоснование	10
1.2.1 Характеристика производимой продукции	15
1.2.2. Характеристика сырья, материалов, полупродуктов	17
1.3 Физико-химические основы процесса	19
1.4 Выбор и обоснование конструкции основного аппарата.....	21
1.5 Выбор и обоснование технологической схемы	23
3 Финансовый менеджмент.....	25
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	25
3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования	25
3.1.2 Анализ конкурентных технических решений.....	25
3.1.3 SWOT-анализ	26
3.2 Планирование научно-исследовательских работ	28
3.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ.....	30
3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования.....	30
3.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	34
3.3 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	41

ВВЕДЕНИЕ

Современный мир сложно представить без полимерных материалов. Их отсутствие возвращает человека в «каменный век». Из огромного количества полимеров, можно выделить полимеры на основе акриловой кислоты. Они нашли широкое применение в производстве искусственных волокон, резины. Сополимеры акриловой кислоты используются для очистки питьевой воды, технологических сточных вод и получения специальных гелей.

Акриловая кислота служит исходным сырьем в производстве лаков, красок, дисперсий, входящих в состав вододисперсионных красок, суперабсорбентов.

Потребление акриловой кислоты непрерывно растет. Крупнейшими производителями акриловой кислоты за рубежом являются компании Dow, BASF, Arkema и Nippon Shokubai. Что касается российского рынка, единственным производителем кислоты является ОАО «СИБУР-Нефтехим», с объемом производства 31 тыс. тонн кислоты в год.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

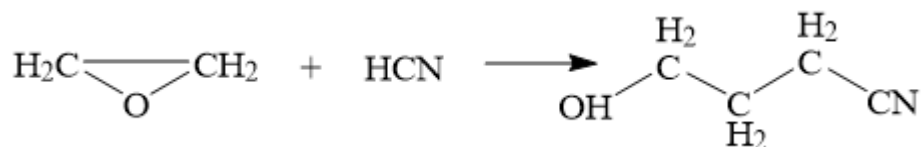
1.1 Технико-экономическое обоснование

Российский рынок, несмотря на внушительный размер, все еще носит характер развивающегося. Мировое производство акриловой кислоты началось в период 2000-2002 гг., когда объем продукции ежегодно увеличивался на 400 тыс. тонн в год, и к 2002 суммарный объем производства достиг показателя в 3,4 млн. тонн продукции. К 2015 году суммарный объем мирового потребления акриловой кислоты составил 5,8 млн. тонн. Основным фактором потребления данного продукта является рост объемов глобального производства впитывающей продукции (подгузники, средства гигиены) на долю которых приходится 94% общего объема потребления суперабсорбирующих полимеров. Так же непрерывно растет потребление акрилсодержащих дисперсий, примерно 4% в год. Ожидается, что к 2017 году оно достигнет 150 тыс. тонн против 81 тыс. тонн в 2011.

Существует несколько промышленных способов получения акриловой кислоты [1]:

- гидролиз этиленциангидрина (этот способ особенно широко использовался в Германии и США во время Первой мировой войны);
- гидролиз акрилонитрила;
- гидрокарбоксилирование ацетилена;
- окисление пропилена в паровой фазе с промежуточным образованием акролеина;
- гидролиз β -пропиолактона;
- окислительное карбонилирование этилена.

Акриловая кислота может быть получена взаимодействием этиленоксида с циангидрином с образованием этиленциангидрина:



Дальнейший гидролиз этиленциангида до акриловой кислоты проводят в сернокислотной среде в соответствии с реакциями:



Из-за низкого выхода продукта, который не превышает 60-70%, процесс не получил промышленного развития, последняя установка действовавшая по этому методу была остановлена в 1971 г.

Ещё одним вариантом получения кислоты является процесс сернокислотного гидролиза, который проводится в две стадии. На первой стадии проводят синтез сульфата акриламида, а затем его омыляют с выделением акриловой кислоты.

Реакцию осуществляют в водной среде при 50 – 80 °С. После термической обработки смеси, которая была получена гидролизом сульфата акриламида водой, акриловую кислоту отгоняют при пониженном давлении. Полимеризация кислоты в паровой фазе приводит к ее значительной потере. Для предотвращения полимеризации вводят различные ингибиторы, например гидрохинон, кислород, фенол или его производные, дифениламин или его производные.

Акриловую кислоту так же можно получать взаимодействием ацетилена с тетракарбонил никеля (источник оксида углерода) в присутствии воды или других протонных доноров (спиртов, меркаптанов, аминов, органических кислот):



Реакцию проводят при 40°С, атмосферном давлении и соотношении ацетилен: оксид углерода, равном 1:1, в качестве катализатора выступает тетракарбонил никеля.

Недостаток этого способа заключается в использовании взрывоопасного ацетилена.

С конца 60-х годов в мире начаты разработки по созданию процесса получения акриловой кислоты паровым окислением пропилена. В

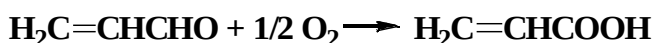
настоящее время этот метод является наиболее перспективным и экономичным, что обусловлено низкой стоимостью сырья.

В промышленности существуют два метода прямого окисления пропилена в акриловую кислоту:

1) одностадийный



2) двухстадийный (через акролеин)



Одностадийный процесс фирмы Standard Oil основан на окисление пропилена кислородом воздуха в присутствии водяного пара над молибдено-висмутовым катализатором при 290 – 400 °С и давление 1 – 2 Мпа [2]. Осуществление прямого окисления пропилена в акриловую кислоту в одном реакторе, снижает капиталовложение. Выход акриловой кислоты при этом не превышает 70%, поскольку совмещение двух стадий с разными для них оптимальными условиями не способствует росту селективности.

Двухстадийный процесс, является более экономичным и гибким по сравнению с одностадийным. При этом появляется возможность достижения максимального превращения пропилена в акриловую кислоту за счет применения высокоактивных катализаторов и подбора условий ведения реакций на каждой стадии независимо друг от друга.

На первой стадии проводят окисление пропилена, а на второй – окисление акролеина.

Наряду с основными реакциями протекают побочные, результатом которых является образование таких продуктов как уксусная кислота, окись углерода, ацетальдегид, углекислый газ и реакции полимеризации. Основную сложность представляет отвод тепла реакции, с тем, чтобы обеспечить оптимальный температурный режим на слое катализатора, а также обеспечение взрывоопасности процесса.

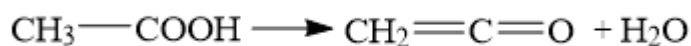
Разработкой процесса наиболее эффективно занимаются фирмы Японии и США, на долю их приходится больше половины всех патентов, полученных на катализаторы и процесс.

Окисление пропилена осуществляют при 300 – 350°C, давлении 0,1-0,3 МПа и добавлении водяного пара на катализаторах, содержащих оксиды висмута, кобальта, никеля, железа, олова и др. выход акролеина и акриловой кислоты – 80-90% [1].

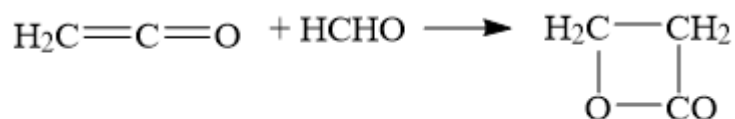
Окисление акролеина проводят на катализаторе, состоящем из окислов молибдена, ванадия, меди, вольфрама, нанесенных на носитель – кварц аморфный плавленый

Процесс осуществляют при 250 – 280°C и давлении 0,1-0,2 МПа в присутствии водяного пара при мольном соотношении вода: акролеин, равном 2:1. Степень конверсии за один проход составляет 95-97%, выход акриловой кислоты (в расчете на акролеин) – более 90% [1].

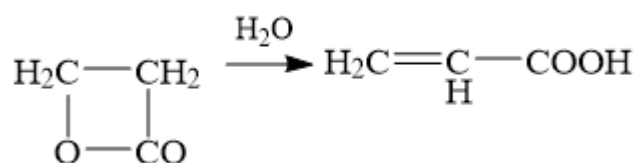
При гидролизе β-пропиолактона на первой стадии получают кетен из уксусной кислоты:



На второй стадии осуществляют последующее взаимодействие кетена с формальдегидом в присутствии хлорида цинка или хлорида алюминия в растворе метанола или ацетона:

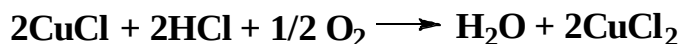
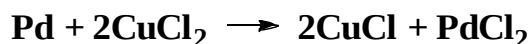


Далее β-пропиолактон подвергается гидролизу водой сначала при 100–150 °C, а затем при 60°C:



Фирма «Селаниз» проводит гидролиз лактона через промежуточную стадию его полимеризации при 50°C под вакуумом в присутствии фосфорной кислоты [1].

Процесс окислительного карбонилирования этилена, разработанный фирмой «Юнион Ойл», проводится в жидкой фазе при 135 – 150 °С и давлении 7,5 МПа в присутствии каталитической системы хлоридов меди и палладия, которая содержит в качестве добавок хлориды натрия, лития, рения и др. При протекании следующих реакций:



В качестве побочного продукта образуется 2-ацетоксипропионовая кислота, нашедшая свое применение как растворитель:



Эту кислоту можно термически разложить на уксусную, акриловую и пропионовую кислоту, диоксид углерода, винилацетат и ацетальдегид.

1.2.1 Характеристика производимой продукции

Акриловая кислота (пропеновая, этиленкарбоновая кислота)

Эмпирическая формула $C_3H_4O_2$.

Структурная формула $CH_2 = CH - COOH$.

Акриловая кислота (марка «Э») эфирного и (марка «П») полимерного качества должна удовлетворять требованиям представленным в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика производимой продукции.

	марка «Э»	марка «П»
1 Цветность, единицы Хазена, не более	500	10
2 Массовая доля акриловой кислоты, %, не менее	99,00	99,5
3 Массовая доля воды, %, не более	0,1	0,1
4 Массовая доля уксусной кислоты, %, не более	0,1	0,1
5 Массовая доля пропионовой кислоты, %, не более	0,05	0,05
6 Массовая доля фурфурола и акролеина, %, не более	Не нормируется	0,02
7 Массовая доля ингибитора, ppm:		
а) гидрохинона,	50 – 150	—
б) п-Метоксифенола	—	200 ± 20
8 Массовая доля железа, ppm, не более	Не нормируется	0,3
9 Массовая доля меди, ppm, не более	Не нормируется	0,1
10 Содержание полимера	Не нормируется	Отсутствие
11 Массовая доля димера, %, не более	0,4	0,1

Акриловая кислота эфирного качества является полупродуктом и используется для получения эфиров и акриловой кислоты полимерного качества. Акриловая кислота полимерного качества используется для получения акриловых сополимеров.

Физико-химические свойства акриловой кислоты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-химические свойства акриловой кислоты

Физическое состояние:	Бесцветная прозрачная жидкость с раздражающим запахом
Молекулярный вес	72,06
Плотность (при 20 °С)	1,05 г/см ³
Температура кипения	141,6 °С
Температура плавления	13,5 °С
Температура вспышки в закрытом тигле в открытом тигле	48 °С 54 °С
Температура самовоспламенения	440 °С
Температура воспламенения	67 °С
Относительная плотность пара (воздух = 1)	2,5
Растворимость в воде (при 20 °С)	∞
Растворимость в органических растворителях	Взаимная растворимость с метиловым и этиловым спиртом
Вязкость (при 25 °С)	1,15 спз
Удельное электрическое сопротивление	10 ⁹ Ом · см
Теплота испарения	120 кал/г
Теплота полимеризации	257 кал/г
Показатель преломления	1,4224 (n _D ²⁰)
	1,4185 (n _D ²⁵)
Теплота нейтрализации	193 кал/г
Поверхностное натяжение (при 30 °С)	28,1 дин/см
Теплоемкость	0,5 кал/г · °С

1.2.2. Характеристика сырья, материалов, полупродуктов

Таблица 3 – Характеристика сырья, материалов и полупродуктов

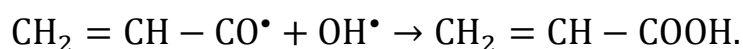
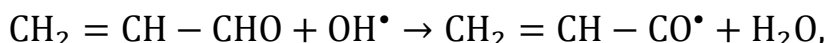
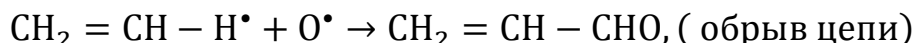
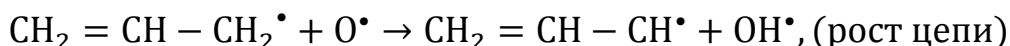
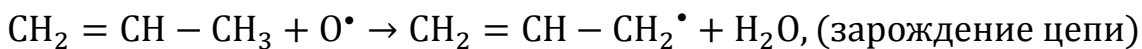
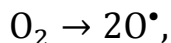
Наименование сырья, материалов, полупродуктов	Государственный или отраслевой стандарт, СТП, технические условия, регламент или методика на подготовку сырья	Показатели по стандарту, обязательные для проверки	Регламентируемые показатели
1 Пропилен, высший сорт	ГОСТ 25043-87 с изм. 1	1 Объемная доля пропилена, %, не менее	99,8
		2 Объемная доля ацетилена и метилацетилена, %, не более	0,001
		3 Объемная доля этана и пропана, %, не более	0,2
		4 Массовая концентрация серы, мг/м ³ , не более	1
2 Изобутилацетат технический, марка А	ТУ 2435-006-0027-9901-2005	1 Цветность, единицы Хазена, не более	10
		2 Массовая доля основного вещества, %, не менее	99,4
		3 Массовая доля воды, %, не более	0,1
		4.Массовая доля кислот в пересчете на уксусную кислоту, %, не более	0,005
3 Гидрохинон высший сорт	ГОСТ 19627-74 с изм. 1- 3	1 Внешний вид	Кристаллический порошок белого или серовато-белого цвета
		2 Массовая доля гидрохинона, %, не менее	99,5
		3 Цветность по бихроматной шкале, не более	12

Продолжение таблицы 3

4 Кислород газообразный технический, второй сорт	ГОСТ 5583-78 с изм. 1-3	1 Объемная доля кислорода, %, не менее	99,5
5 Нитрит натрия технический	В соответствии с контрактом с фирмой «Mitsubishi Heavy Industries»	1 Массовая доля нитрита натрия (NaNO_2), %, не менее	97
		2 Массовая доля хлоридов, %, не более	0,03
6 Нитрат калия	В соответствии с контрактом с фирмой «Mitsubishi Heavy Industries»	1 Внешний вид	Белый порошок.
		2 Массовая доля нитрата калия, %, не менее	99
		3 Массовая доля хлоридов, %, не более	0,01
7 Катализатор 1 стадии - ACF	В соответствии с контрактом с фирмой «Mitsubishi Heavy Industries»	1 Форма	Гранула
		2 Размер:	
		диаметр, мм	$5,7 \pm 0,3$
		длина, мм	$6,4 \pm 1,0$
		3 Прочность на раздавливание, кг/гранулу, не менее	2
		4 Сопротивление истиранию, %, не более	15 (по массе)
		5 Насыпной объем, г/см ³	$0,91 \pm 0,20$
8 Катализатор 2 стадии - ACS	В соответствии с контрактом с фирмой «Mitsubishi Heavy Industries»	1 Форма	сфера
		2 Диаметр, мм	$5,1 \pm 0,8$
		3 Прочность на раздавливание, кгс/сферу, не менее	5
		4 Сопротивление истиранию, %, не более	10 (по массе)
		5 Насыпной объем, г/см ³	$1,4 \pm 0,2$

1.3 Физико-химические основы процесса

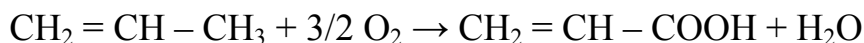
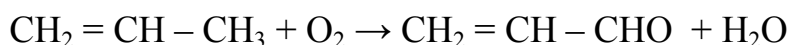
Окисление пропилена протекает по радикально-цепному механизму и включает следующие стадии [1]:



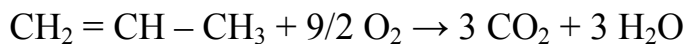
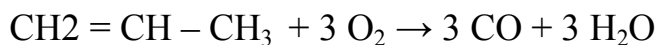
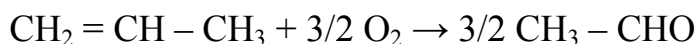
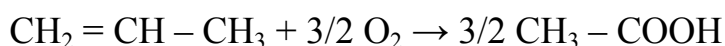
Так как имеются трудности для успешной реализации окисления олефинов и их производных по насыщенному атому углерода с сохранением двойной связи принято использовать гетерогенно-каталитическое окисление [3].

Окисление происходит по следующим уравнениям реакции:

а) основные реакции:



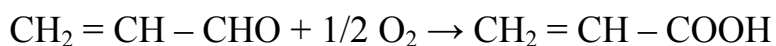
б) побочные реакции:



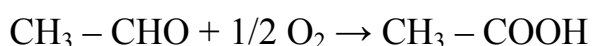
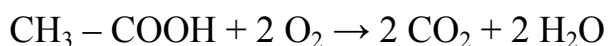
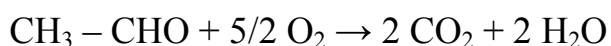
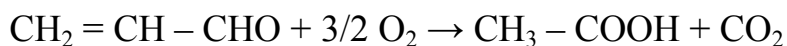
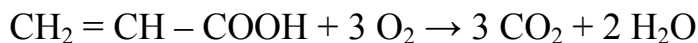
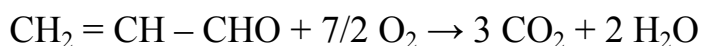
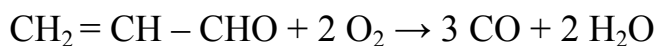
Во втором реакторе акролеин практически весь окисляется до акриловой кислоты. Температура процесса 250 – 300°C, катализатор состоит из окислов молибдена, ванадия, меди, вольфрама, нанесенных на носитель – кварц аморфный плавленый [3].

При этом протекают следующие реакции:

а) основная реакция:



б) побочные реакции:



В процессе получения акриловой кислоты для предотвращения полимеризации применяется ингибирование.

Температура 400 – 500 °С благоприятна для повышения выхода акролеина и акриловой кислоты, а также способствует подавлению побочных реакций. Для понижения температуры реакции используют высокоселективные катализаторы.

Мольное соотношение вода : пропилен поддерживается на уровне 4-5, а мольное соотношение кислород : пропилен – ~ 2. Пар и азот уменьшают возможность перегревов, а также риск создания взрывоопасных ситуаций. Эти газы способствуют повышению активности катализатора, облегчают десорбцию продуктов реакции, и увеличивают продолжительность стабильной работы до 24 мес. Степень конверсии пропилена за один проход составляет 90-95%.

1.4 Выбор и обоснование конструкции основного аппарата

Реакции гетерогенно-каталитического окисления осуществляют при атмосферном давлении или под давлением 0,3 – 2 МПа, что позволяет увеличить интенсивность процесса, уменьшить выделение не превращённого углеводорода и продуктов, так же снизить габариты аппаратуры. Температура для разных процессов варьируется от 250 – 300 до 400 – 500 °С. Смеси углеводородов с кислородом взрывоопасны. Существуют способы выхода за пределы опасных концентраций [3]:

- окисление рециркулирующими газами с добавлением свежего воздуха или кислорода при низкой концентрации олефина (3 – 5 % (об.)),
- окисление избытка углеводорода небольшим количеством технического кислорода, разбавление смеси водяным паром.

Одним из основных вопросов при конструировании реакционных аппаратов для газофазного окисления являются отвод тепла и исключение зон перегрева. Тепло от газа к стенке передается сложнее, чем при жидкофазных процессах окисления, за счет небольших коэффициентов теплоотдачи.

При окислении выделяется большое количество тепла, поэтому в данном процессе в основном используют трубчатые реакторы со стационарным слоем катализатора. Катализатор находится в трубах и охлаждается через межтрубное пространство хладагентом. Для установления более равномерной температуры по диаметру, трубы имеют диаметр 10 – 25 мм, что способствует и отводу тепла. Реагенты подаются в аппарат предварительно подогретыми, что позволяет эффективнее использовать катализаторный объём. Предпочтительнее отводить выделяющееся тепло с помощью испарения в межтрубном пространстве водного конденсата, создающий водяной пар того или иного давления в зависимости от температуры реакции. В некоторых случаях для охлаждения используют посторонний теплоноситель (расплавы солей), который, в свою очередь, охлаждается водой, в результате чего получают технологический пар. К преимуществам трубчатых контактных аппаратов

можно отнести простоту их устройства и обслуживания, а также сходства с моделями идеального вытеснения, которые способствуют повышению селективности. Недостатками таких аппаратов является неравномерность температуры по слою катализатора, малая доля полезного объёма и, в последствие, большой расход металла.

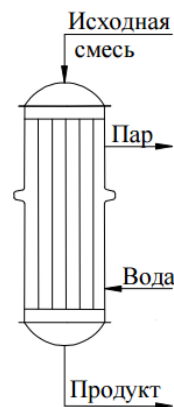


Рисунок 1 – Трубчатый аппарат со стационарным слоем катализатора

При выборе материала аппаратуры для газофазного окисления следует учитывать коррозию как карбоновыми кислотами, так и смесями диоксида углерода с водяным паром, всегда образующимися при реакции. А так же, некоторые металлы и их оксиды могут катализировать нежелательные процессы полного окисления. По этой причине аппараты обычно изготавливают из легированных сталей.

Синтез акриловой кислоты осуществляется в двух реакторах трубчатого типа со стационарным слоем катализатора.

1.5 Выбор и обоснование технологической схемы

Для реализации в промышленности выгодно комбинировать окисление пропилена в акролеин и окисление акролеина в акриловую кислоту. Схема процесса изображена на рисунке 2.

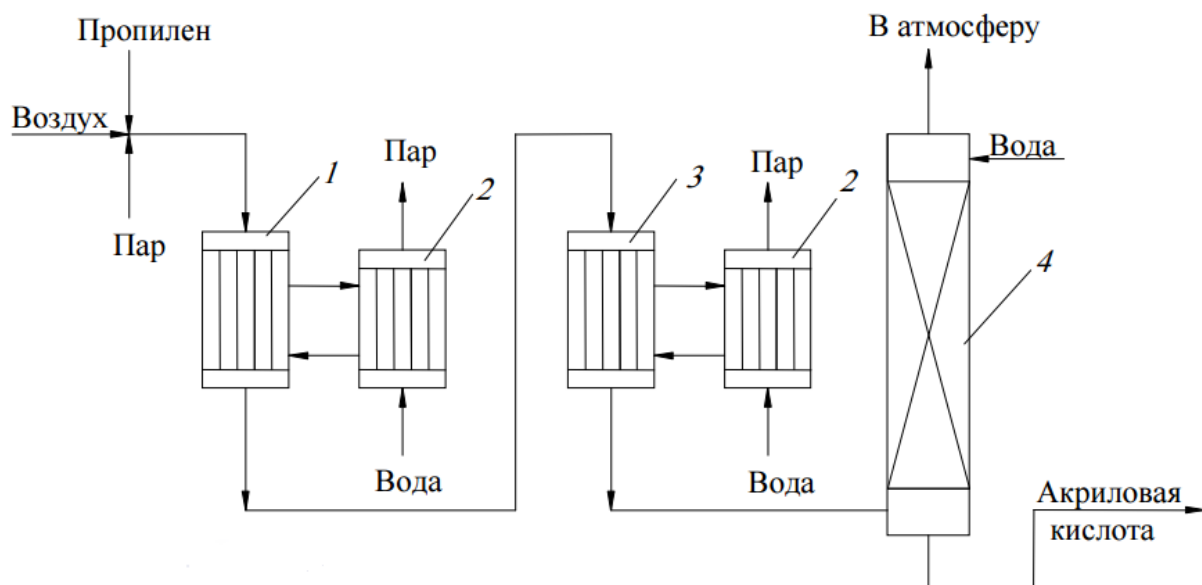


Рисунок 2 – Схема двухстадийного окисления пропилена в акриловую кислоту: 1 – реактор первой стадии; 2 – котлы-утилизаторы; 3 – реактор второй стадии; 4 – абсорбер

Двухстадийный метод является наиболее перспективным и экономичным, что обусловлено низкой стоимостью сырья. При этом появляется возможность достижения максимального превращения пропилена в акриловую кислоту за счет применения высокоактивных катализаторов и подбора условий ведения реакций на каждой стадии независимо друг от друга.

На первой стадии проводят окисление пропилена, а на второй – окисление акролеина.

Реактор 1 первой стадии подают смесь 4 – 7% (об.) пропилена, 50 – 70% (об.) воздуха и 25 – 40 % (об.) водяного пара. В нём происходит главным образом окисление пропилена в акролеин при 300 – 400 °С. Реакционные газы без разделения поступают в реактор 3 второй стадии, где поддерживается

температура 250 – 300 °С и происходит окисление акролеина в акриловую кислоту. Оба реактора выполнены в виде трубчатых аппаратов со стационарным слоем катализатора. Тепло реакции снимается расплавом солевого теплоносителя, циркулирующего в межтрубном пространстве реакторов и отдают своё тепло в утилизаторах 2 с получением водяного пара. Солевой теплоноситель представляет собой смесь солей нитрита натрия (NaNO_2) массовая доля 45 % и нитрата калия (KNO_3) массовая доля 55 %, имеющую температуру плавления 142 °С. Реакционные газы после реактора 3 обрабатывают водой в абсорбере 4, где поглощается акриловая кислота. Часть отходящего после абсорбции газа рециркулирует в первый реактор. Рецикловый газ уменьшает концентрацию кислорода в смеси и газовая смесь выходит за пределы воспламеняемости в обогащенную пропиленом сторону. Остаток рециклового газа обезвреживается в сжигателе газовых выбросов, который представляет собой пламенную печь прямого нагрева. При температуре 850 – 950 °С все органические вещества окисляются до углекислого газа и воды. Отходящие газы охлаждаются в котлах-утилизаторах с получением пара и сбрасываются через дымовую трубу в атмосферу.

Полученный водный раствор содержит 20 – 30 % (масс.) акриловой кислоты с примесью уксусной кислоты. Для выделения целевого продукта применяют экстракцию (на схеме не показана) с применением достаточно низкокипящим органическим растворителем. Растворитель отгоняют из экстракта и возвращают на извлечение. Акриловую и уксусную кислоты получают при ректификации остатка. Выход акриловой кислоты по пропилену составляет 80 – 85 % [4].

Полимерная акриловая кислота получается вакуумной дистилляцией кислоты эфирного сорта.

3 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ

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

3.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Акриловая кислота имеет широкую область применения. В качестве ключевых потребителей акрилатов в России следует выделить производителей акрилосодержащих дисперсий, используемых в производстве лакокрасочных материалов – от потолочных красок до красок для машин, клеев, целлюлозно-бумажной продукции и. т. д.

Главной отличительной особенностью данной кислоты является способность к образованию полимеров, которые нашли место в косметологии. Легко вступает в реакцию с другими мономерами, образуя сополимеры, используемые в моющих средствах

Акриловая кислота используется для получения акриловых эфиров, химикатов для водоочистки, буровых реагентов.

Потребление акриловой кислоты с каждым годом непрерывно растет. Это напрямую связано с ростом объемов глобального производства впитывающей продукции (подгузники, средства гигиены) с использованием суперабсорбентов (SAP).

3.1.2 Анализ конкурентных технических решений

При ведении собственного производства необходим систематический анализ конкурирующих разработок во избежание потери занимаемой ниши рынка. Периодический анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности позволяет оценить эффективность научной разработки по сравнению с конкурирующими предприятиями. Из наиболее влияющих

предприятий-конкурентов в области производства акриловой кислоты можно отнести: «СИБУР-Нефтехим» и «Акрилат Салават».

В таблице 13 приведена оценочная карта, включающая конкурентные технические разработки в области производства акриловой кислоты.

Таблица 13 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических 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 обогащаемого материала							
1. Выход продукта	0,3	4	5	4	1,2	1,5	1,2
2. Энергоемкость процессов	0,3	4	3	3	1,5	0,9	0,9
Экономические критерии оценки эффективности							
3. Цена	0,2	5	4	4	1,0	0,8	0,6
4. Конкурентоспособность продукта	0,1	3	5	5	0,4	0,5	0,5
5. Финансирование научной разработки	0,1	3	5	5	0,3	0,5	0,5
Итого:	1				4,4	4,2	3,7

Б_ф – продукт проведенной исследовательской работы; Б_{к1} – «СИБУР-Нефтехим»; Б_{к2} – «Акрилат Салават».

3.1.3 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT- анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Он проводится в несколько этапов.

Первый этап заключается в описании сильных и слабых сторон проекта, в выявлении возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Таблица 14 – Матрица SWOT

	Сильные стороны научно-исследовательского проекта: С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологии. С2. Экологичность технологии. С3. Эффективные производственные мощности. С4. Квалифицированный персонал. С5. Доступность сырья	Слабые стороны научно-исследовательского проекта: Сл1. Слишком узкая номенклатура реализуемой продукции Сл2. Неразвитые репутация, представленность или область действия
Возможности: В1. Расширение номенклатуры продаж В2. Возможность привлечения инвесторов В3. Увеличение темпов роста рынка. В4. Совершенствование процесса и оборудования для него	Появление дополнительного спроса, использование разработки в промышленных масштабах и повышение стоимости конкурентных разработок влияет на все сильные стороны	Расширение номенклатуры продаж способствует росту объема производства, а так же позволяет повысить уровень проникновения на рынок.
Угрозы: У1. Развитая конкуренция технологий производства У2. Ограничения на экспорт технологии У3. Введения дополнительных государственных требований к сертификации продукции У4. Аварийные ситуации, как следствие застой производства	Развитая конкуренция может не дать продукту удержаться на рынке. Ограничение на экспорт может способствовать уменьшению бюджетному финансированию. Введение дополнительных требований к сертификации продукта и несвоевременное финансовое обеспечение влияет на экономичность продукта.	Развитая конкуренция и ограничения на экспорт приведут к низкому уровню проникновения на рынок. Введение дополнительных требований к сертификации и отсутствие квалифицированных кадров усложняет вывод продукции на рынок. Своевременное обновление оборудования по современным технологиям устраняет риск наступления техногенной аварии.

Таблица 15 – Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	B1	+	+	+	+	-
	B2	+	+	+	+	-
	B3	+	+	+	+	-
	B4	-	-	+	+	-

Таблица 16 – Интерактивная матрица проекта

Возможности проекта		Сл1	Сл2
	B1	+	+
	B2	-	+
	B3	+	+
	B4	+	+

Таблица 17 – Интерактивная матрица проекта

Угрозы проекта		C1	C2	C3	C4	C5
	У1	-	-	+	+	+
	У2	+	0	+	-	-
	У3	-	-	+	-	-
	У4	+	+	+	+	-

Таблица 18 – Интерактивная матрица проекта

Угрозы проекта		Сл1	Сл2
	У1	+	+
	У2	+	+
	У3	+	-
	У4	+	-

3.2 Планирование научно-исследовательских работ

3.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в чей состав входят: бакалавр, научный руководитель, консультант по части социальной ответственности (СО) и консультант по экономической части (ЭЧ) выпускной квалификационной работы. Составим перечень этапов и работ в

рамках проведения научного исследования и проведем распределение исполнителей по видам работ (таблица 19).

Таблица 19 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ра б	Содержание работ	Должность исполнителя
1	2	3	4
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель, консультант ЭЧ, СО, бакалавр
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр
	3	Подбор и изучение материалов по теме	Руководитель, бакалавр,
	4	Патентный обзор литературы	Бакалавр
	5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, бакалавр
Теоретические и экспериментальн ые исследования	6	Проведение теоретических расчетов	Бакалавр
Проведение ВКР			
Разработка технической документации и проектирование	7	Оценка эффективности производства и применения разработки	Бакалавр, консультант по ЭЧ
	8	Разработка социальной ответственности по теме	Бакалавр, консультант СО
Оформление комплекта документации по ВКР	9	Разработка необходимых чертежей	Бакалавр
	10	Составление пояснительной записки	Бакалавр

3.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты в большинстве случаев образуют основную часть стоимости разработки, поэтому важным моментом является определение трудоемкости работ каждого из участников научного исследования.

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

$$t_{ожі} = \frac{3t_{min i} + 2t_{max i}}{5}, \quad (24)$$

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

$t_{min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.;

$t_{max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями (25).

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i}, \quad (25)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{ож і}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.;

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

3.2.3 Разработка графика проведения научного исследования

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

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

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (26)$$

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

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

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (27)$$

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.

Все рассчитанные значения сводим в таблицу 20.

Таблица 20 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях T_{pi}		Длительность работ в календарных днях T_{ki}	
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{ожi}$, чел-дни					
	Руководитель	Бакалавр	Руководитель	Бакалавр	Руководитель	Бакалавр	Руководитель	Бакалавр	Руководитель	Бакалавр
Составление и утверждение технического задания	2		6		4		4		6	
Выбор направления исследований	1	4	3	7	2	5	2	5	3	8
Подбор и изучение материалов по теме		4		10		6		6		10
Патентный обзор литературы		4		10		6		6		10

Продолжение таблицы 20

Календарное планирование работ по теме	1		3		2		2		3	
Проведение теоретических расчетов	4	10	7	25	5	16	5	16	8	26
Оценка эффективности производства и применения разработки	3	5	7	7	5	5	5	5	8	8
Разработка социальной ответственности по теме	3	5	7	7	5	5	5	5	8	8
Разработка необходимых чертежей	2	6	7	14	4	8	4	8	6	13
Составление пояснительной записки		2		7		4		4		6

Для иллюстрации календарного плана проекта приведена диаграмма Ганта, на которой работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. Для удобства отображения каждый месяц разделен на декады (таблица 21).

Таблица 21 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№	Вид работ	Исполнители	T _{ki} , кал.дн.	Продолжительность выполнения работ												
				февраль		март			апрель			май			июнь	
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	6													
2	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр	8													
3	Подбор и изучение материала по теме	бакалавр	10													
4	Патентный обзор литературы	бакалавр	10													
5	Календарное планирование работ по теме	Руководитель	3													
6	Проведение теоретических расчетов	Руководитель, бакалавр	14													
7	Оценка эффективности производства и применения разработки	Руководитель, бакалавр	8													
8	Разработка социальной ответственности по теме	Руководитель, бакалавр	8													
9	Разработка необходимых чертежей	Руководитель, бакалавр	13													
10	Составление пояснительной записки	бакалавр	6													

■ – руководитель ▨ – бакалавр

3.2.4. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ будем использовать следующую группировку затрат по статьям:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на оборудование;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

3.2.4.1 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{рас\ x i} \quad (28)$$

где Z_m – материальные затраты, руб;

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

$N_{рас\ x i}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м² и т.д.);

C_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.

Таблица 22 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед.,руб.			Затраты на материалы, (Зм), руб.		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
I Сырье и основные материалы										
Пропилен, высший сорт	кг	20700	20700	20700	60	60	60	1242000	1242000	1242000
Гидрохинон высший сорт	кг	90	90	90	960	960	960	86400	86400	86400
Катализатор 1 стадии - ACF	кг	14000	14000	14000	1600	1900	2300	22400000	26600000	32200000
Катализатор 2 стадии - ACS	кг	17000	17000	17000	1200	1300	1100	20400000	22100000	18700000
III Энергетические затраты										
Природный газ	м³	6510	6510	6510	4,5	4,5	4,5	29295	29295	29295
Электроэнергия	кВт·ч	8460	8460	8460	3,55	3,55	3,55	30033	30033	30033
Сжатый воздух	м3	56551500	56551500	56551500	0,50	0,50	0,50	28275750	28275750	28275750
Вода оборотная	м3	281905500	281905500	281905500	0,80	0,80	0,80	225524400	225524400	225524400
Вода обессоленная	м3	383100	383100	383100	2,0	2,0	2,0	766200	766200	766200
Итого								298754078	304654078	306854078

3.2.4.2. Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Все расчеты по приобретению спецоборудования и оборудования, имеющегося в организации, но используемого для каждого исполнения конкретной темы, сводятся в таблицу 23.

Таблица 23– Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования, руб.	Сумма амортизационны х отчислений, руб.
1.	Реактор	2	2625000	787500
2.	Абсорбер	1	300000	45000
3.	Экстрактор	1	570000	85500
4.	Котел-утилизатор	1	225000	33750
Итого			4671750	

3.2.4.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии и доплаты) и дополнительную заработную плату. Также включается премия, выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 – 30 % от тарифа или оклада (28):

$$З_{зп} = З_{осн} + З_{доп} , \quad (28)$$

где $З_{зп}$ – заработная плата, руб;

$З_{осн}$ – основная заработная плата, руб;

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (29)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника, руб;

$Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб;

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (30):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (30)$$

где $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб;

Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года;

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

В таблице 24 приведен баланс рабочего времени каждого работника НТИ

Таблица 24–Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр	Консультант ЭЧ	Консультант СО
Календарное число дней	140	140	140	140
Количество нерабочих дней				
выходные дни:	16	16	16	16
праздничные дни:	6	6	6	6
Потери рабочего времени				
отпуск:	0	0	0	0
невыходы по болезни:	0	0	0	0
Действительный годовой фонд рабочего времени	118	118	118	118

Месячный должностной оклад работника (31):

$$З_{\text{м}} = З_{\text{тс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) \cdot k_{\text{р}}, \quad (31)$$

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

$З_{\text{тс}}$ – 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;

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

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 25.

Таблица 25 – Расчет основной заработной платы

Категория	$З_{\text{тс}}$, руб.	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}$, руб	$З_{\text{дон}}$, руб.	$T_{\text{р}}$, раб. дн.	$З_{\text{осн}}$, руб.
Руководитель							
	23264,9	0,35	1,3	39922,5	1487,6	17	25289,2
Бакалавр							
	14874,5	0,35	1,3	25524,6	945,4	55	51997
Консультант ЭЧ							
	20080,9	0,35	1,3	34458,8	1276,3	5	6381,5
Консультант СО							
	20080,9	0,35	1,3	34458,8	1276,3	5	6381,5

Общая заработная исполнителей работы представлена в таблице 26.

Таблица 26 – Общая заработная плата исполнителей

Исполнитель	$З_{\text{осн}}$, руб.	$З_{\text{дон}}$, руб.	$З_{\text{зн}}$, руб.
Руководитель	25289,2	1770,1	27059,3
Бакалавр	51997	3639,5	55656,5
Консультант ЭЧ	6381,5	446,7	6828,2
Консультант СО	6381,5	446,7	6828,2

3.2.4.4. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В данной статье расходов отражаются обязательные отчисления по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников.

Величина этих отчислений определяется по формуле (32):

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (32)$$

где $З_{внеб}$ – отчисления в внебюджетные фонды, руб;

$k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды;

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

$З_{доп}$ – дополнительная заработная плата одного работника, руб;

На 2016 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 № 212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Однако на основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 27.

Таблица 27 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	25289,2	1770,1
Бакалавр	51997	3639,5
Консультант ЭЧ	6381,5	446,7
Консультант СО	6381,5	446,7
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,30	
Итого:	28911,7	

3.2.4.5. Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование графических материалов, оплата услуг связи, электроэнергия, транспортные расходы и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = k_{\text{нр}} \cdot (\text{сумма статей } 1 \div 4), \quad (33)$$

где $Z_{\text{накл}}$ – накладные затраты, руб;

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

Величину коэффициента накладных расходов $k_{\text{нр}}$ допускается взять в размере 16%. Таким образом, накладные расходы на данные НТИ составляют 41543,8 руб.

3.2.4.6. 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 28.

Таблица 28 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.			Примечание
	Исп.1	Исп.2	Исп.3	
1. Материальные затраты НТИ	298754078	304654078	306854078	Таблица 10
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	4671750	4671750	4671750	Таблица 11

Продолжение таблицы 28

3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	96430,7	96430,7	96430,7	Таблица 13
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6303	6303	6303	Таблица 14
5. Отчисления во внебюджетные фонды	28911,7	28911,7	28911,7	Таблица 15
6. Накладные расходы	48569196	49513196	49865196	16 % от суммы ст. 1-5
7. Бюджет затрат НТИ	352126670	358970670	361522670	Сумма ст. 1- 6

Как видно из таблицы 28 основные затраты НТИ приходятся на материальные затраты.

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

Эффективность научного ресурсосберегающего проекта включает в себя социальную эффективность, экономическую и бюджетную эффективность. Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические последствия осуществления инвестиционного проекта как для общества в целом, в том числе непосредственные результаты и затраты проекта, так и затраты, и результаты в смежных секторах экономики, экологические, социальные и иные внеэкономические эффекты.

Чтобы определить эффективность исследования, необходимо рассчитать интегральный показатель эффективности научного исследования. Для этого определяют две средневзвешенные величины: финансовую эффективность и ресурсоэффективность.

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 (32):

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (34)$$

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:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (35)$$

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 29.

В качестве возможных исполнений проекта условно были приняты: исполнение 1 – использование японских катализаторов, исполнение 2 – использование американских катализаторов, исполнение 3 – использование немецких катализаторов.

Таблица 29 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда	0,25	5	3	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	4	5	4
3. Энергосбережение	0,15	4	4	5
4. Надежность	0,20	5	4	5
5. Воспроизводимость	0,1	4	5	4
6. Материалоемкость	0,15	5	5	5
ИТОГО	1	4,65	4,2	4,55

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

$$I_{исп1} = \frac{I_{р-исп1}}{I_{финр}}, \quad I_{исп2} = \frac{I_{р-исп2}}{I_{финр}}, \text{ и т.д.} \quad (36)$$

где $I_{испi}$ – интегральный показатель;

$I_{р}$ – интегральный показатель ресурсоэффективности;

$I_{финр}$ – интегральный финансовый показатель.

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность

проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных.
Сравнительная эффективность проекта (35):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп1}}}{I_{\text{исп2}}}, \quad (37)$$

где $\mathcal{E}_{\text{ср}}$ – сравнительная эффективность;

$I_{\text{исп}}$ – интегральный показателя эффективности исполнения.

В таблицы 30 приведена сравнительная эффективность разработки.

Таблица 30 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,974	0,993	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	4,2	4,55
3	Интегральный показатель эффективности	4,77	4,23	4,55
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,887	0,954

Вывод: сравнительный анализ интегральных показателей эффективности показывает, что предпочтительным является первый вариант исполнения, так как данный вариант исполнения является наиболее экономичным и ресурсоэффективным.

