

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

Инженерная школа природных ресурсов
Отделение химической инженерии
Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, профиль подготовки «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Моделирование процесса синтеза Фишера-Тропша

УДК 665.652.72-047.58

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К51	Шалжанова Камила Болатовна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Мойзес Ольга Ефимовна	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына Зоя Васильевна	К.Т.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Белоенко Елена Владимировна	К.Т.Н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ОП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Юрьев Егор Михайлович	К.Т.Н.		

Томск – 2019 г

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП 18.03.02
«Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии,
нефтехимии и биотехнологии»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
P1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания в профессиональной деятельности.
P2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач.
P3	Ставить и решать задачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии.
P4	Разрабатывать технологические процессы, проектировать и использовать новое оборудование химической технологии
P5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий
P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.
P7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.
P8	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.
P9	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.
P10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.

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

Инженерная школа природных ресурсов

Направление подготовки (специальность) 18.03.02 – «Энерго и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ОП 18.03.02

 (Подпись) _____
 (Дата) Юрьев Е.М.
 (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

<i>бакалаврской работы</i>
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
2К51	Шалжановой Камиле Болатовне

Тема работы:

Моделирование процесса синтеза Фишера-Тропша	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	1131/с от 13.02.2019г.
Срок сдачи студентом выполненной работы:	8 июня 2019 г.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Синтез органических соединений из оксида углерода и водорода; механизм и кинетика синтеза на железных катализаторах. Экспериментальные данные. Кинетическая модель.
---	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1. Теоретические основы синтезов из оксида углерода и водорода: катализаторы процесса, механизм, кинетика, технология. распределение Шульца-Флори для расчета состава продуктов синтеза. 2. Обработка и анализ экспериментальных данных синтеза. Исследование процесса гидрирования оксида углерода с применением математической модели. Заключение (выводы)
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	Экспериментальная установка Кинетическая модель-1 лист; Результаты исследований-2 листа.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы <i>(с указанием разделов)</i>	
Раздел	Консультант
<i>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</i>	Криницына Зоя Васильевна
<i>Социальная ответственность</i>	Белоенко Елена Владимировна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	08. 02. 2019 г.
--	------------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ	Мойзес Ольга Ефимовна	к.т.н., доцент		11.02.2019г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2K51	Шалжанова Камила Болатовна		11.02.2019г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
2К51	Шалжанова Камила Болатовна

Школа	ИШПР	Отделение школы (НОЦ)	Химической кибернетики
Уровень образования	бакалавриат	Направление/специальность	18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	275 237
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Нормы расхода материалов, тарифные ставки заработной платы рабочих, нормы амортизационных отчислений, нормы времени на выполнение операций.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	27,1%

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Определить стоимость затрат на проведение работ по моделированию процесса синтеза Фишера-Тропша
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Оценка эффективности использования основных производственных фондов в стоимостной форме

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. Оценка конкурентоспособности технических решений
2. Матрица SWOT
3. Альтернативы проведения НИ
4. График проведения и бюджет НИ

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына З.В	К.Т.Н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К51	Шалжанова Камила Болатовна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2K51	Шалжановой Камиле Болатовне

Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	Химической кибернетики
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.02 Энерго и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Тема ВКР:

Моделирование процесса синтеза Фишера-Тропша	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: процесс гидрирования СО Область применения: нефтехимия
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: — специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; — организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	СанПиН 2.2.4.548–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений». СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. ГН 2.2.5.3532–18. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	2.1 Отклонение показателей микроклимата; Отсутствие или недостаток естественного и искусственного света на рабочем месте; Повышенный уровень шума; Повышенный уровень электромагнитных излучений; Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу; 2.2 Систематический осмотр помещения, в котором проводят исследование; Осмотр систем отопления, проверка толщины стен, проверка утеплителя в холодное время год; Систематическая проверка влажности; Установка термометра для определения возможного отклонения от допустимых показателей температуры на рабочем месте;

	Выдача спецодежды и переносных приборов для защиты от токсичных веществ, выдача перчаток для защиты от термических ожогов и обморожений; Систематическая проверка вентилятора и вытяжки на предмет некорректной работы; Проверка посуды на наличие трещин и поломок, а также проверка электрических проводов и ПК.
3. Экологическая безопасность:	На каталитической установке присутствуют вредные вещества такие, как: сероводород, аммиак, окись углерода, бензол, толуол и т.д. Они являются основными загрязнителями атмосферы на производстве. Нормы ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны согласно ГН 2.2.5.3532–18.: сероводород — 10 мг/м³; окиси углерода - 20 мг/м³; бензол — 5 мг/м³;толуол–20; аммиак – 20 мг/м³. На литосферу и гидросферу не оказывает вредного влияния .
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возникновение ЧС, требующих обеспечения электро- и пожаровзрывобезопасности на рабочем месте. Перечень возможных ЧС : пожар; взрыв; разлив продуктов/компонентов производства. Для обеспечения безопасной эксплуатации установки предусмотрена рациональная технологическая схема с комплексной автоматизацией технологического процесса, позволяющая обеспечить его непрерывность и стабильную работу оборудования. Предусмотрено отключение электрооборудования со щита операторной Существует вероятность возникновения ЧС Социального характера (террористический акт) и стихийного характера (лесные пожары, наводнения, ураганные ветры). – Наиболее типичной является аварийная ситуация разлив продуктов/компонентов производства.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Белоев Е.В	К.Т.Н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К51	Шалжанова К.Б		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 82 страницы, 18 рисунков, 22 таблицы, 27 источников и 3 приложения.

Ключевые слова: синтез Фишера-Тропша (СФТ), катализатор, математическое моделирование, кинетика.

Объектом исследования является процесс синтеза органических соединений из оксида углерода и водорода и кинетическая модель синтеза, протекающего на ультрадисперсном железном катализаторе.

Цель работы – разработка кинетической модели синтеза органических соединений из монооксида углерода и водорода.

В результате экспериментальных исследований были получены данные о составе газообразного и жидкого продуктов синтеза. Отличительной особенностью протекания синтеза на данном катализаторе является высокий выход таких компонентов как изопарафины, нафтены и арены. С учётом внутригруппового распределения углеводородов по числу атомов углерода в молекуле сформирована кинетическая модель, оценены значения кинетических констант и проведены исследования по влиянию параметров на выход продуктов синтеза.

В разделе финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение определена ресурсная (ресурсосберегающая), финансовая, бюджетная, социальная и экономическая эффективность исследования.

В разделе социальная ответственность выполнен анализ вредных и опасных факторов, способов защиты людей, разработаны мероприятия в условиях чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2016.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	12
1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР	14
1.1 Общие сведения о процессе гидрирования окиси углерода	14
1.2 Катализаторы процесса синтеза Фишера-Тропша	15
1.3 Механизм процесса	17
1.3.1 Адсорбция молекул СО и Н ₂ на поверхности катализатора.....	19
1.3.2 Типы механизмов гидрирования монооксида углерода.....	20
1.4 Кинетика процесса синтеза Фишера-Тропша.....	23
1.5 Технология процесса синтеза Фишера-Тропша	26
2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	30
3 РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА	
4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ	32
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности	32
проведения научных исследований	32
4.2 SWOT-анализ.....	33
4.3 Планирование научно-исследовательской работы.....	35
4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования	35
4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ	36
4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования	37
4.4 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	40
4.4.1 Расчет материальных затрат НТИ	40
4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ	41
5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ	50
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	51
5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства	51
5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	52
5.2 Производственная безопасность	52
5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования синтеза Фишера-Тропша.....	52

5.2.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований	53
5.2.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов	57
5.3 Экологическая безопасность	57
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	58
5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований	58
5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта исследования на производстве	59
5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	61
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА	62
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	63
Приложение А	66
Приложение Б.....	67
Приложение В	68

ВВЕДЕНИЕ

Потребление энергии в транспортном секторе занимает второе место в промышленном секторе мира с точки зрения валового конечного потребления энергии. Текущее использование ископаемого топлива в различных секторах по-прежнему угрожает экологической стабильности во всем мире. Выбросы при сжигании ископаемого топлива для выработки тепла, электроэнергии и транспортировки являются главными источниками парниковых газов в атмосфере.

Заметное уменьшение природных запасов традиционной нефти и негативное воздействие её использования на окружающую среду подталкивает человечество к поиску альтернативных технологий получения углеводородного сырья.

Многочисленные исследования показали, что одним из наиболее вероятных путей является синтез Фишера-Тропша (СФТ). Помимо получения высококачественных, не содержащих серу моторных топлив из синтез-газа, процесс обеспечивает утилизацию попутного нефтяного газа месторождений, удаленных от газотранспортных сетей и газоперерабатывающих заводов. Топливо, полученное СФТ, при использовании двигателями внутреннего сгорания показывает более низкие показатели выбросов в сравнении с топливом традиционной нефти, так как содержит меньшее количество ароматических соединений, не содержит серы и азотсодержащих соединений.

Существуют различные технологии синтеза Фишера – Тропша: из газа – в жидкость (GTL – gas-to-liquids), из угля – в жидкость (CTL – coal-to-liquids) и из биомассы – в жидкость (BTL – biomass to liquids). Углеводородные продукты, полученные в результате процесса GTL, не уступают характеристикам высококачественной легкой нефти. Эффективность данного синтеза зависит от таких показателей, как селективность и

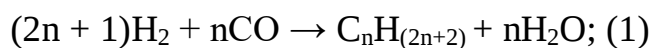
производительность, для повышения которых существует два подхода. Первый подход – каталитический, содержащий разработку новых высокопроизводительных катализаторов, способствующих к смещению к максимуму образующихся углеводородов в сторону желаемой фракции. Второй подход – технологический, заключающийся в подборе технологического оформления (тип реактора, способ организации технологических потоков) и режима процесса (температура синтеза, давление в реакторе, объемная скорость, состав исходного газа и т.п.), обеспечивающие увеличение производительности и выхода желаемой фракции углеводородов.

1 ЛИТЕРАТУРНЫЙ ОБЗОР

1.1 Общие сведения о процессе гидрирования окиси углерода

Жидкие углеводороды, спирты, карбоновые кислоты, альдегиды, кетоны, сложные эфиры могут быть получены из синтез-газа посредством хорошо известного каталитического химического процесса – синтеза Фишера-Тропша (ФТ), названного в честь немецких ученых Франца Фишера и Ганса Тропша.

Процесс Фишера-Тропша представляет собой каталитическую химическую реакцию, протекающую с огромным выделением тепла, в которой монооксид углерода (CO) и водород (H₂) в синтез-газе превращаются в углеводороды различной молекулярной массы в соответствии со следующим уравнением [1]:



Синтез-газ представляет собой смесь окиси углерода, двуокиси углерода и водорода и может быть получен различными путями из природного газа, угля, биомассы или практически любого углеводородного сырья, а также путем реакции с паром или кислородом [2].

Синтез-газ – важнейший промежуточный ресурс для производства водорода, аммиака, метанола и синтетических углеводородных топлив. Его получение является сильно эндотермическим процессом и требует высоких температур. Существует несколько способов получения синте-газа [2]:

1. Паровой риформинг природного газа (или сланцевого газа) происходит в трубчатых реакторах, которые нагреваются снаружи. В процессе используется никелевый катализатор на специальной подложке, устойчивой к суровым технологическим условиям. Потерянное тепло из секции печи используется для предварительного нагрева газов и производства пара. Эта установка генерирует синтез-газ с отношениями H₂ / CO в диапазоне 3-4 и подходит для производства водорода.

2. Частичное окисление метана (или углеводородов) является некаталитическим, крупномасштабным процессом, позволяющим получить синтез-газ с соотношением H_2/CO около 2 [3]. Это оптимальное соотношение для газожидкостных установок. Каталитическая версия частичного окисления, основанная на кратковременной конверсии метана, углеводородов или биомассы, на родиевых катализаторах применима в редких случаях [4].

3. Автотермический риформинг (АТР) представляет собой гибрид, который объединяет паровую конверсию и окисление метана в одном процессе [2]. Тепло, необходимое для риформинга, генерируется внутри реактора путем окисления исходного газа. АТР также подходит для крупномасштабного производства синтез-газа для газожидкостных процессов или крупномасштабных процессов синтеза метанола.

Альтернативные пути получения синтез-газа, такие как, сокращение выбросов диоксида углерода из дымовых газов с помощью водорода при электролитическом расщеплении воды, могут быть интересными с точки зрения хранения энергии ветра или солнца [5].

Общие уравнения реакций процесса синтеза Фишера-Тропша достаточно просты, однако скрывают сложный механизм.

Условия реакции: температурный диапазон от 200 °C до 350 °C и давление от 20 МПа до 50 МПа. Реакции являются сильно экзотермическими: предполагается, что обобщенная реакция высвобождает около 150 кДж тепла на моль превращенного CO.

1.2 Катализаторы процесса синтеза Фишера-Тропша

Синтез Фишера-Тропша является каталитическим процессом и только четыре металла VIII группы: Fe, Co, Ni и Ru имеют достаточно высокие значения активности для гидрирования монооксида углерода до возможного применения в данном синтезе [6]. Из четырёх металлов рутений обладает

наиболее высокими активностью и селективностью, однако его высокая стоимость и низкая доступность исключают возможность его использования в крупномасштабных производствах. Никель также очень активен, но имеет два основных недостатка. Будучи мощным катализатором гидрирования, он предпочтителен в реакциях метанирования. Также никель образует летучие карбонилы, что приводит к его вымыванию из катализатора при рабочих температурах и давлениях установок синтеза Фишера-Тропша. Из вышесказанного следует, что только катализаторы на основе кобальта и железа находят наибольшее практическое применение.

Сравнительный анализ катализаторов на основе железа и кобальта представлен в таблице 1.1 [7].

Таблица 1.1 – Характеристика железного и кобальтового катализаторов

Железный катализатор	Кобальтовый катализатор
Дешевизна	Дороже Fe в ~ 200 раз
Низкий выход метана даже при повышенных температурах	Возрастает выход метана при увеличении температуры
Низкая гидрирующая активность	Высокая гидрирующая активность
Значительное образование оксигенатов	Кислородсодержащие соединения практически не образуются
Способны работать при небольшом соотношении $H_2:CO$	Необходимо близкое к стехиометрическому отношению $H_2:CO$
Часть монооксида углерода превращается в углекислый газ	Не катализирует реакцию водяного газа
Быстро окисляются водой и диоксидом углерода	Не подвергаются окислению
Вода ингибирует синтез УВ	Вода не влияет на кинетику реакции
Короткий срок службы	Срок службы ограничен содержанием ядов в синтез-газе

Главным различием между ними является большая гидрирующая активность и инертность кобальта. Отсюда определяются условия процесса и спектр получаемых продуктов. Кобальтовые катализаторы могут быть использованы в низкотемпературном синтезе в температурном диапазоне:

180 °С—240 °С. В данных условиях спектр получаемых продуктов состоит в основном из алканов линейного строения, с незначительным содержанием α -олефинов (в основном в легких фракциях) и изоалканов. Так как при увеличении температуры наблюдается резкий рост выхода метана, использование кобальтового катализатора при повышенных температурах не целесообразно. Вероятность роста углеводородной цепи сильно зависит от давления для кобальтовых катализаторов и почти не зависит для железных [8]. Катализаторы на основе железа способны работать в более широком температурном диапазоне до 320—350 °С, образуя при высокой температуре главным образом легкие продукты с вероятностью роста цепи. Однако даже при 340 °С селективность по метану имеет низкие значения [8].

В трубчатом реакторе с неподвижным слоем катализатора с течением времени верхние слои железного катализатора отравляются серой, а средние и в особенности нижние – реакционной водой. Что касается кобальтовых катализаторов, то отравление серой верхних слоев также присутствует, однако средние и нижние практически не подвергаются дезактивации. Для снижения отравления серой необходима тщательная очистка синтез-газа.

1.3 Механизм процесса

Синтез Фишера-Тропша обычно классифицируется как реакция поверхностной полимеризации, включающая каталитические стадии. Селективность продукта обычно описывается статистической моделью распределения, известной как закон о распределении Андерсона-Шульца-Флори (АШФ).

За прошедшие годы были сформулированы несколько механизмов, которые можно разделить на три основные группы, в зависимости от первично образующегося мономера с последующим ростом цепи.

Среди этих путей реакции карбидный механизм представляет собой один из наиболее часто используемых в кинетическом моделировании. Его

главная особенность в том, что углеводороды образуются при последовательном добавлении радикала с одним атомом углерода и без кислорода в растущей цепи.

Таким образом, все механизмы реакции, предложенные в литературе, будут иметь следующие основные стадии [9]:

- адсорбция молекул CO и H₂ на поверхности катализатора;
- инициация углеводородной цепи;
- рост цепи;
- десорбция продуктов с поверхности катализатора;
- вторичная адсорбция продуктов;
- побочные реакции.

На рисунке 1.1 представлена схема механизма процесса синтеза Фишера-Тропша на железном катализаторе [9].

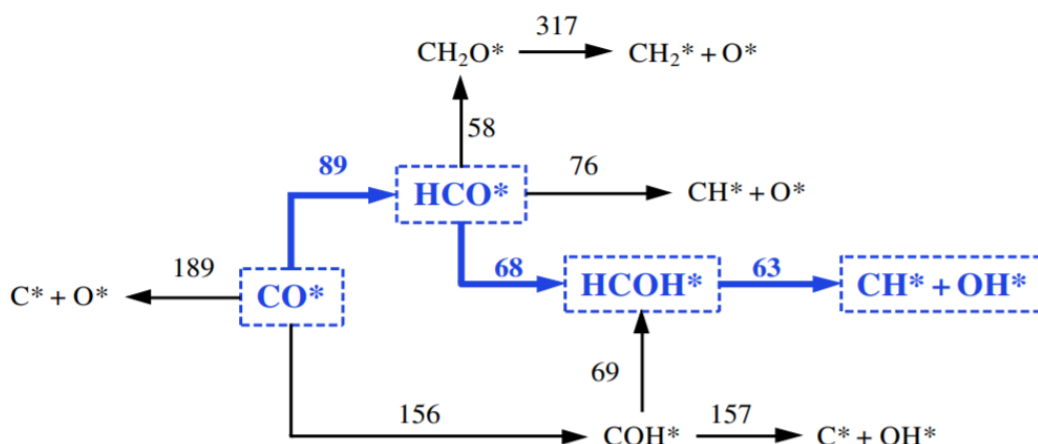


Рисунок 1.1 - Схема механизма гидрирования монооксида углерода на Fe катализаторе

Значения на стрелках относятся к отдельным энергетическим барьерам (кДж/моль) за каждый элементарный шаг. Предпочтительный путь диссоциации CO выделен синим цветом.

1.3.1 Адсорбция молекул CO и H₂ на поверхности катализатора

Большое количество поверхностных частиц может существовать в синтезе Фишера-Тропша на активной поверхности катализатора при стационарном режиме. На рисунке 1.2 представлены некоторые экспериментально изученные поверхностные частицы, полученные в ходе химического превращения.

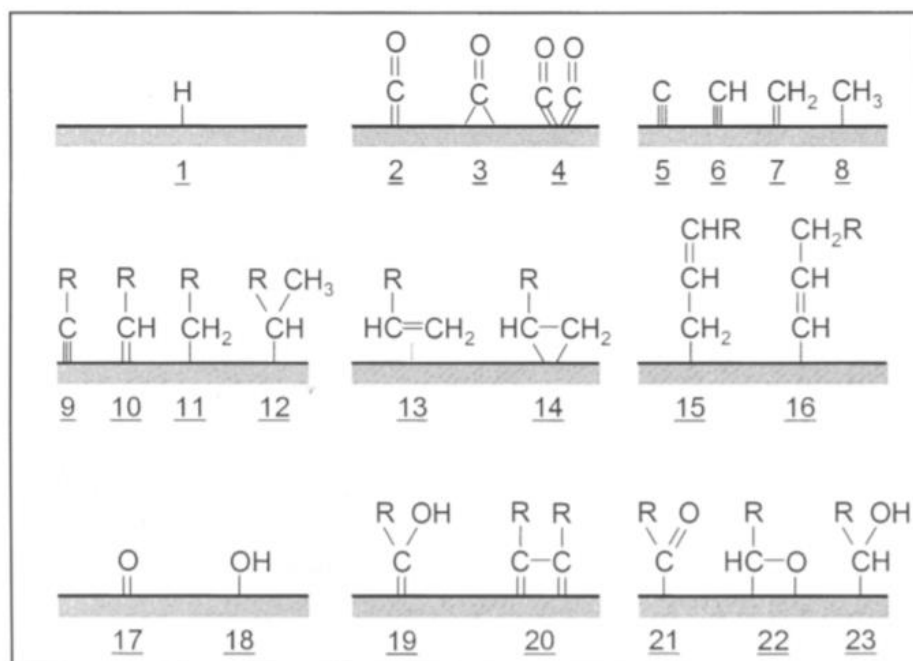


Рисунок 1.2 - Некоторые поверхностные частицы на поверхности катализатора в синтезе Фишера-Тропша [6]

Все эти поверхностные частицы могут быть получены из водорода и монооксида углерода на металлических поверхностях, которые являются в данном синтезе каталитически активными.

Хемосорбция водорода представляет собой активированный процесс с образованием одноатомного водорода (1 на рис. 1.2). Хемосорбированный водород преимущественно адсорбируется на трехкратных полых участках всех металлических поверхностях, активных в синтезе: Ru, Fe, Co и Ni. Растворенный водород принимают как возможный источник водорода в синтезе ФТ, но он менее устойчив, чем адсорбированный на поверхности. Следовательно, растворенный водород вряд ли будет играть важную роль в

синтезе. Хемосорбированный водород обладает высокой поверхностной подвижностью. Поэтому предполагается, что хемосорбированный, одноатомный водород реагирует с другими видами поверхности при синтезе ФТ.

Хемосорбция СО на металлических поверхностях была хорошо изучена в прошлом. Адсорбция окиси углерода на начальных этапах носит ассоциативный характер. Три разные формы хемосорбированного оксида углерода могут осуществляться на металлических поверхностях: линейная (2), с мостиковым соединением (3) и вицинальная (4). Адсорбированный монооксид углерода может диссоциировать с образованием поверхностного углерода (5) и поверхностного кислорода (17).

Поверхностный углерод (5), который преимущественно расположен в полых участках, может диффундировать в объем металла с образованием карбидного углерода или агломерата с получением графитового углерода. Образование стабильных карбидных фаз наблюдается на железных катализаторах Фишера-Тропша. Последовательное гидрирование поверхностного углерода (5) дает поверхностные метилидин (6), метилен (7) и метил (8).

Протекание стадии адсорбции молекул СО и Н₂ на поверхности катализатора для разных механизмов не отличается. Далее подробнее рассмотрены типы механизмов с основными стадиями.

1.3.2 Типы механизмов гидрирования монооксида углерода

Несмотря на то, что изучение механизмов гидрирования монооксида углерода находится на высоком уровне, все механизмы по сей день носят вероятностный характер. К числу общепринятых механизмов на промышленных кобальтовых и железных катализаторах, объясняющих, как и из каких мономеров, образующихся из синтез-газа, в результате протекания

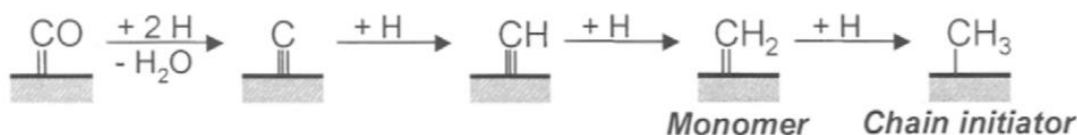
полимеризационных или поликонденсационных превращений синтезируются парафины, олефины и спирты различного строения и молекулярной массы. Выделяют следующие основные механизмы гидрирования CO [6,8,9]:

- карбидный (алкильный);
- внедрения монооксида углерода;
- оксиметиленовый (енольный).

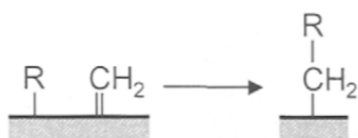
Основные стадии, указанные ранее, являются общими для всех трёх механизмов.

1. Карбидный (алкильный) механизм.

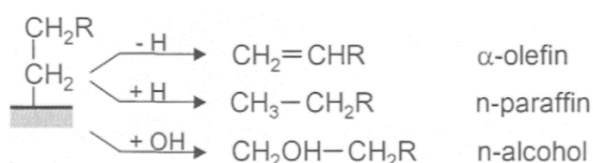
Стадия инициирования цепи протекает с образованием карбид металла-катализатора из адсорбированной молекулы CO с дальнейшим его гидрированием в метилен (карбен) = CH₂:



Считается, что рост цепи происходит путем последовательного включения мономера = CH₂. Образование продукта происходит либо за счет отщепления поверхностного водорода, либо за счет добавления водорода с получением в качестве первичных соединений α-олефинов и n-парафинов.



Растущая углеводородная цепь обрывается с получением парафинов, олефинов и спиртов:

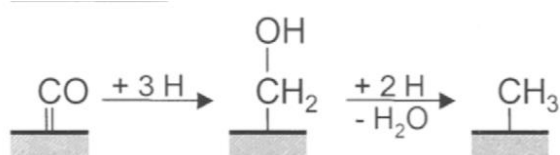


Отсюда следует, что карбидный механизм объясняет образование углеводородов в ходе гидрирования CO, но не затрагивает образование

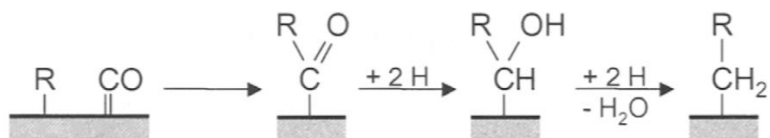
спиртов или других кислородсодержащих соединений, что является большим недостатком.

2. Механизм внедрения монооксида углерода.

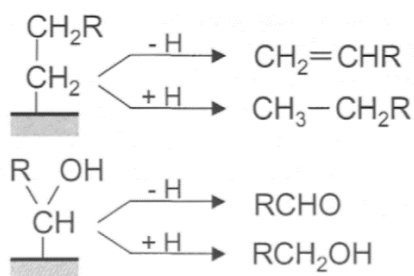
В данном механизме мономером является хемосорбированный СО. Считается, что инициатором цепи является поверхностный метил. Внедрение происходит водород – металл катализатора.



Рост цепи происходит путем внедрения монооксида углерода в металл-алкильную связь, приводящую к образованию поверхностных частиц с ацильным радикалом. Удаление кислорода приводит к восстановлению до этильного интермедиата и т.д.



Обрыв углеродной цепи происходит с образованием олефинов, парафинов, альдегидов и спиртов:

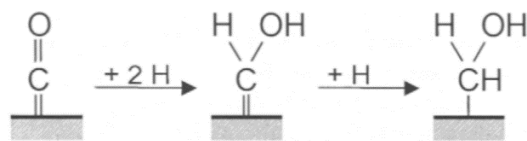


Данный механизм рассматривается многими исследователями как основной путь реакции, приводящий к образованию оксигенатов.

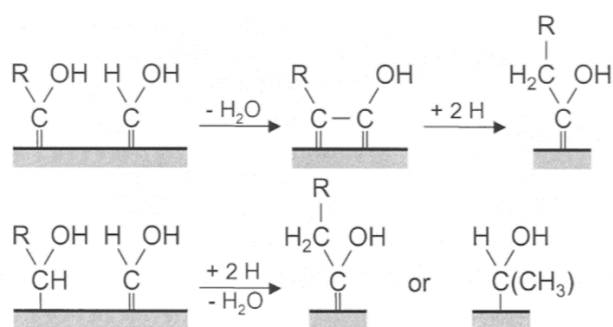
3. Оксиметиленовый (енольный) механизм.

Сотрудниками горного бюро [10] была предложена альтернативная схема реакции с участием кислородсодержащих (енольных) поверхностных частиц. Согласно этому механизму, на стадии инициирования, хемосорбированный СО гидрируется до енольной поверхностной частицы, т.е. восстанавливается

с образованием оксиметиленового интермедиата $[H(OH)C=]$ – основной мономер. Далее гидрируется до альтернативного мономера $[H(OH)CH]$.



Цепной рост продуктов синтеза происходит в результате реакции поликонденсации с образованием оксиполиметиленового инетермедиата $OH[R(CH_2)_n]C=$. Принято считать, что появление разветвленных углеводородов происходит от участия поверхностных частиц $CHROH$.



Обрыв углеводородной цепи (десорбция) приводит к образованию оксигенатов (альдегидов и спиртов) и α -олефинов. Согласно данному механизму реакции н-парафины образуются вторично путем гидрирования первично образованных олефинов. Для первичного образования н-парафинов необходим альтернативный путь реакции. Образование кислот в синтезе Фишера-Тропша обуславливается как вторичная реакция первично образующихся альдегидов в результате реакций Канниццаро. Реакции кислот со спиртом приводят к образованию сложных эфиров.

1.4 Кинетика процесса синтеза Фишера-Тропша

Основной проблемой при описании кинетики процесса гидрирования монооксида углерода является сложность механизма протекания реакций, а также наличие различных вариантов механизма. Механизм зависит от вида каталитической поверхности, от выбранных элементарных стадий реакций. В результате получаются различные степенные кинетические уравнения.

Однако, уравнения Лэнгмюра–Хиншельвуда и Или–Ридила, описывающие образование углеводородов на поверхности катализатора, способны объяснить более широкий диапазон данных, чем степенные выражения.

Исследования кинетики синтеза ФТ можно разделить на две категории. В первой категории цель в том, чтобы сосредоточиться только на скорости исчезновения синтез-газа (смесь CO и H₂). В этой категории нет никакой информации, связанной с распределением продуктов, так как спектр продуктов синтеза очень широк и описание кинетики гидрирования монооксида углерода довольно сложное. Во второй категории информация о формировании составов продуктов рассматривается. В обеих категориях выражения скорости могут быть получены эмпирически (например, степенное выражение скорости), полуэмпирически или механистически. В последнем случае детальная механика кинетики синтеза может быть достигнута путем рассмотрения соответствующих последовательных путей реакции вместе с предположениями об определяющих скорость этапах.

Существуют экспериментальные данные, свидетельствующие о том, что активность Фишера-Тропша в отношении Fe и Co зависит от способа приготовления, загрузки металла в катализатор и носителя катализатора.

Типовые уравнения скорости при использовании различных катализаторов на основе железа и кобальта, а также для различных реакторов и условий процесса приведены в табл. 1.2, 1.3.

1. Железный катализатор

Таблица 1.2 – Кинетика процесса на железных катализаторах [11]

Катализатор	Реактор	Условия процесса			Кинетическое выражение	E _a (к) (кДж/моль)	-ΔH (а) (кДж/моль)
		T (°C)	P(Мпа)	H ₂ /CO			
Fe/K	неподвижный слой	225-265	1,0-1,8	1,2-7,2	$r = kP_{H_2}$	71	-
Fe/K/Cu	подвижный слой	235-265	1,5-3,0	0,6-1,0	$r = kP_{H_2}$	86	-

Осажденное железо	неподвижный слой	?	?	?	$\frac{kP_{H_2}P_{CO}}{P_{CO} + aP_{H_2O}}$	-	-
Осажденное железо	подвижный слой	220-260	1,0	0,5-0,6	$\frac{kP_{H_2}P_{CO}}{P_{CO} + aP_{CO_2}}$	103	0
Растворенное железо	подвижный слой	210-270	0,5-5,5	0,5-3,5	$\frac{kP_{H_2}P_{CO}}{P_{CO} + aP_{CO_2}}$	81	0
Растворенное железо	подвижный слой	232-263	0,4-1,5	0,5-1,8	$\frac{kP_{H_2}^2P_{CO}}{P_{CO}P_{H_2} + aP_{H_2}}$	83	100

2. Кобальтовый катализатор

Таблица 1.3 - Кинетика процесса на кобальтовых катализаторах [11]

Катализатор	Реактор	Условия процесса			Кинетическое выражение скорости	E _a (к) (кДж/моль)	-ΔH (а) (кДж/моль)
		T (°C)	P(Мпа)	H ₂ /CO			
Со/кизельгур	реактор Берти	190	0,2-1,5	0,5-8,3	$\frac{kP_{CO}P_{H_2}^{1/2}}{(1 + aP_{CO} + bP_{H_2}^{1/2})^2}$ $\frac{kP_{CO}^{1/2}P_{H_2}^{1/2}}{(1 + aP_{CO}^{1/2} + bP_{H_2}^{1/2})^2}$	-	-
Со/MgO/SiO ₂	подвижный слой	220-240	1,5-3,5	1,5-3,5	$\frac{kP_{CO}P_{H_2}}{(1 + bP_{CO})^2}$	-	-
Со/Zr/SiO ₂	подвижный слой	220-280	2,1	0,5-2,0	$\frac{kP_{H_2}^2P_{CO}}{P_{CO}P_{H_2} + aP_{H_2O}}$	97	-

Существует достаточно большое количество уравнений, описывающих скорости синтеза [6,8 – 11], а также широкий диапазон энергий активации как для кобальтовых, так и для железных катализаторов. Отсюда возникает вопрос: какие из имеющихся данных (кинетические параметры и выражения скорости) могут быть использованы при разработке кинетических моделей процесса гидрирования оксида углерода.

1.5 Технология процесса синтеза Фишера-Тропша

В связи с тем, что реакции Фишера-Тропша являются сильно экзотермическими, эффективный отвод тепла имеет основополагающее значение для того, чтобы избежать перегрева и спекания катализатора, который приведет к дезактивации, а также к нежелательному высокому выделению метана [6]. По этой причине управление выделением тепла всегда было самой сложной проблемой в технологии Фишера-Тропша. Для ее решения все конструкции реактора Фишера-Тропша классифицируются по двум основным классам рабочих температур: высоким и низким.

Высокотемпературный синтез Фишера-Тропша протекает при 300°C – 350 °C, в ходе которого на выходе получаем, в основном, легкие газообразные углеводороды, что приводит к образованию системы газ-твердое с отсутствием фазы объемной жидкости. Такой спектр продуктов лучше всего подходит для производства бензина, но с высокой селективностью по отношению к линейным 1-олефинам и извлечением химических веществ оксигенатами. Из-за высоких температур предпочтение отдается катализаторам на основе железа.

Изначально для высокотемпературного синтеза были разработаны реакторы с циркулирующим псевдоожиженным слоем, но в последнее время они постепенно заменяются реакторами с неподвижным псевдоожиженным слоем [12].

На рисунке 1.2 и 1.3 представлены принципиальные схемы реакторов Фишера-Тропша.

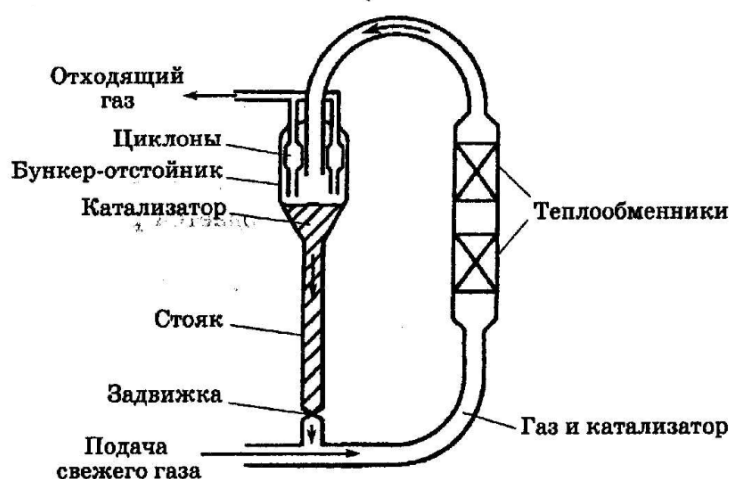


Рисунок 1.2 – Реактор с циркулирующим псевдоожиженным слоем катализатора [12]

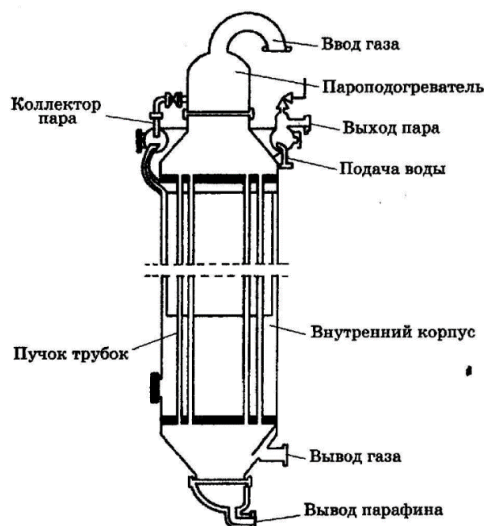


Рисунок 1.3 – Реактор с неподвижным псевдоожиженным слоем катализатора [12]

При этом в реакторах с неподвижным слоем катализатора образуется меньше олефиновых углеводородов, чем в реакторах с циркулирующим кипящим слоем катализатора.

Низкотемпературный синтез Фишера-Тропша [13, 14] протекает в диапазоне $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $250\text{ }^{\circ}\text{C}$ и характеризуется спектром более тяжелых продуктов, состоящих в основном из высокомолекулярных жидких углеводородов. Это приводит по условиям реакции к образованию трехфазной системы в реакторе: газ – жидкость – твердое вещество. Для необходимого

температурного диапазона применимы как кобальтовые, так и железные катализаторы, однако первые предпочтительнее при более низких температурах.

Низкотемпературный синтез идеально подходит для производства высококачественных средних дистиллятов (дизель и реактивное топливо) после процесса гидрокрекинга длинноцепочечных высокомолекулярных углеводородов.

Кроме того, образующиеся «тяжелые» продукты обеспечивают химическую промышленность ценными соединениями в виде восков и базовых масел. Побочно образующаяся нефтя, представляет собой высококачественное сырье для парового крекинга, который производит в основном этилен, а также немного пропилена. Аналогично конструкции реактора высокотемпературного синтеза, в последние годы наблюдается переход от многотрубного реактора с неподвижным слоем к реактору с суспендированной фазой. Реакторы низкотемпературного синтеза представляют собой трехфазные системы с твердыми катализаторами, газообразными реагентами и газообразными и жидкими продуктами. Низкотемпературные и среднетемпературные ректоры составляют основу для современных заводов ГЖК (Газожидкостной конверсии) и получения жидкого топлива из угольного сырья.

В таблице 1.4 представлено сравнение составов продуктов при низко- и высокотемпературных процессах с сырой нефтью (% масс.) [13]:

Таблица 1.4 – Сравнение составов нефтей

Фракции	Высокотемпературный синтез	Низкотемпературный синтез	Сырая нефть
Парафины	>10%	основной продукт	основной продукт
Олефины	основной продукт	>10%	отсутствуют
Ароматика	5-10%	<1%	основной продукт
Оксигенаты	5-15%	5-15%	<1%

Серосодержащие соединения	отсутствуют	отсутствуют	0,1 – 5%
Азотсодержащие соединения	отсутствуют	отсутствуют	<1%
Вода	основной побочный продукт	основной побочный продукт	0 – 2%

Получение химических соединений аналогичных по своему составу сырой нефти относительно сложно, однако, отсутствие соединений серы и азота, а в случае низкотемпературного процесса ФТ - продукты из ароматических углеводородов обладают достаточно благоприятными характеристиками.

2 ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом данного исследования является процесс гидрирования оксида углерода, протекающий на ультрадисперсном железном катализаторе (УДП). Преимуществом железных катализаторов является их высокая активность в превращении синтез-газа и более низкая стоимость по сравнению с другими катализаторами (кобальт, никель). Образцы нового УДП железного катализатора были получены в Инженерной школе производственных технологий Томского политехнического университета методом электрического взрыва проводников. Экспериментальные исследования проводились на лабораторной каталитической установке для исследования процессов в условиях повышенных давлений, разработанной институтом катализа им. Г.К. Бореского. Упрощенная схема изображена на рисунке 2.1.

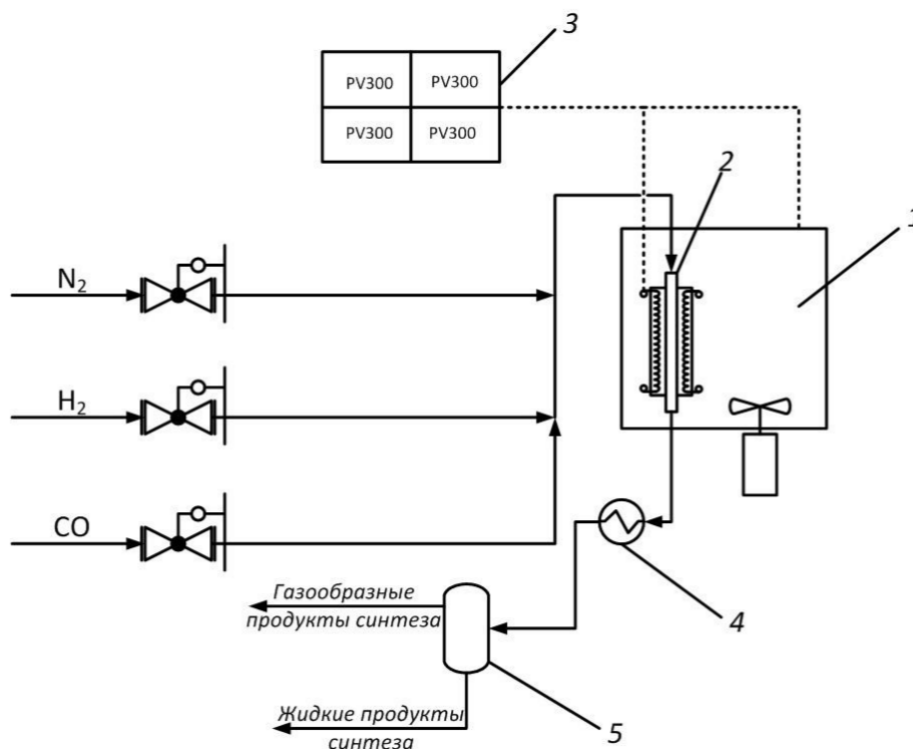


Рисунок 2.1 - Схема лабораторной каталитической установки:

1 – термошкаф; 2 – реактор; 3 – микропроцессорный регулятор температуры; 4 – продуктовый холодильник; 5 – продуктовый сепаратор

Исходная смесь газов, состоящая из H_2 , CO , N_2 , смешиваясь, направляется в реактор трубчатого типа (2), расположенный в термошкафу (1), температура в котором, а так же температура его рубашки и слоя катализатора регулируется и контролируется микропроцессорным регулятором (3). Затем газопродуктовая смесь поступает в холодильник (4), где происходит ее частичная конденсация. Окончательное разделение продуктов реакции осуществляется в сепараторе (5).

Для продувки системы, проведения теста на герметичность и разбавления реакционной смеси используют азот (аргон). Водород используется в системе как газовый реагент и подается аналогично азоту (аргону) из баллона. Перепад давления между входом в регулятор и выходом из него никогда не должен превышать 10 бар, т.е. набирать давление в систему необходимо постепенно.

Состав продуктов синтеза определялся хроматографическим методом. При этом использовались газовый хроматограф «Хроматэк - Кристалл 5000.1» и хромато-масс-спектрометр «Кристалл 5000» с масс спектрометрическим детектором хроматэк.

Методом в данной работе является метод математического моделирования, который широко распространен при исследовании химических и химико-технологических процессов.

Метод математического моделирования является эффективным методом для получения оптимальных условий проведения химико-технологических процессов. При моделировании сложных объектов снижаются затраты, необходимые для их непосредственного исследования.

В данной работе для исследования синтеза Фишера-Тропша была использована кинетическая модель, разработанная на кафедре химической технологии топлива и химической кибернетики.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

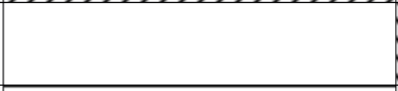
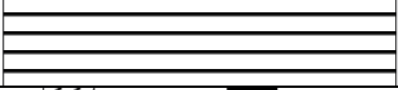
Целевой рынок – сегменты рынка, на котором в будущем будут продаваться разработки. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Сегментирование – это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар или услуга.

Можно применять географический, демографический, поведенческий и иные критерии сегментирования рынка потребителей, возможно применение их комбинаций с использованием таких характеристик, как возраст, пол, национальность, образование, социальная принадлежность, профессия, уровень дохода.

Целесообразно выбрать два наиболее значимых критерия: размер компании и отрасль, по которым будет производиться сегментирование рынка.

Таблица 4.1 – Карта сегментирования рынка

		Отрасль				
		Газодобывающие предприятия	Нефтегазодобывающие предприятия			
Размер компании	Крупные					
	Средние					
	Мелкие					
		 Sasol	 Chevron	 HaldorTopsoe	 ОАО «GTL»	

Как видно из таблицы 4.1, наиболее перспективным сегментом в отраслях нефтегазодобычи и нефтегазопереработки для формирования спроса является сегмент крупных и средних нефтедобывающих компаний.

4.2 SWOT-анализ

SWOT-анализ применяется для комплексной оценки научно-исследовательского проекта. Результатом анализа является описание сильных и слабых сторон проекта, выявление возможностей и угроз для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде.

Итоговая матрица SWOT-анализа представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Матрица SWOT

	Сильные стороны: С1. Энергоэффективность и экономичность технологии. С2 .Экологичность технологии. С3. Низкая стоимость катализатора. С4. Наличие бюджетного финансирования. С5.Квалифицированный персонал.	Слабые стороны: Сл1. Отсутствие прототипа научной разработки Сл2.Отсутствие у потенциальных потребителей квалифицированных кадров по работе с научной разработкой. Сл3.Высокие капитальные и эксплуатационные затраты. Сл4.Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца Сл5.Отсутствие учета в модели реакции вторичных преобразований на катализаторе
--	--	---

Возможности: В1. Использование инновационной структуры ТПУ. В2. Использование отечественного сырья. В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт. В4. Повышение стоимости конкурентных разработок. В5. Возможность модернизации технологии. В6. Снижение цены на сырье.	Разработка кинетической модели процесса синтеза Фишера-Тропша с целью получения готового продукта с оптимальной себестоимостью, с конкурентными преимуществами, а также высоким качеством и инжиниринговой услугой	1. Большее задействование ресурсов ТПУ. 2. Повышение квалификации кадров у потенциальных потребителей 3. Усиление требований экологии стимулирует развитие отрасли GTL 4. Постепенное вытеснение с рынка аналогичных нефтепродуктов. 5. Приобретения необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца
Угрозы: У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства У2. Высокий уровень конкуренции У3. Внедрение новых требований к сертификации продукции У4. Несвоевременное финансовое обеспечение научного исследования со стороны государства У5. Снижение стоимости на нефть.	1. Увеличение финансирования с целью углубления исследований. 2. Продвижение на рынок экологических технологий. 3. Более полное взаимодействие со всеми участниками рынка. 4. Привлечение к работе высококвалифицированного персонала.	1. Проведение исследований смежных процессов с целью снижения капитальных затрат. 2. Использование отечественного сырья и комплектующих. 3. Вероятность рисков потери занятой ниши рынка при задержках в поставках используемых материалов и одновременном развитии конкуренции технологии обогащения

На основе SWOT-анализа было показано направление, по которому целесообразно развивать проект, его сильные стороны и возможности роста. Для данного проекта, как и для любой GTL-технологии, характерен баланс сильных сторон и возможностей (экологичность, обширная база дешёвого сырья и т.д.) а так же слабых сторон и угроз (высокие капитальные затраты, низкий спрос и др.), то есть разрабатываемая технология находится в достаточно стабильных условиях. Для получения дополнительных конкурентных преимуществ необходимо дальнейшее совершенствование технологии до тех пор, пока рыночная цена получаемых продуктов не будет конкурировать с ценами на продукты, полученные из нефти.

4.3 Планирование научно-исследовательской работы

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей. В данном разделе необходимо составить перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, провести распределение исполнителей по видам работ.

Таблица 4.3 - Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Выбор направления исследований	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
	3	Календарное планирование работ по теме	Руководитель

	4	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
Теоретические исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Руководитель, Инженер
	6	Проведение компьютерных расчетов	Руководитель, инженер
Обобщение и оценка результатов	7	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, инженер
Проведение ОКР			
Испытание образца	8	Лабораторные испытания	Инженер, лаборант
Оформление отчета но НИР	9	Оформление отчета	Инженер
Подготовка к защите дипломной работы	10	Составление отчета	Инженер
Защита дипломной работы	11	Защита	Инженер, Руководитель

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

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

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

где $t_{ожі}$ – 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.

Ожидаемая трудоемкость для этапов работы рассчитывается следующим образом:

$$t_{ожі} = \frac{3 \times 6 + 2 \times 10}{5} = 7,6$$

Отсюда продолжительность каждой работы в рабочих днях:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{Ч_i} = \frac{7,6}{1} = 7,6;$$

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

4.3.3 Разработка графика проведения научного исследования

В связи с тем, что дипломные работы являются сравнительно небольшими по объему научными темами, наиболее удобным и наглядным является построение ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта.

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

Продолжительность каждой работы в календарных днях:

$$T_{ki} = T_{pi} \times k_{\text{кал}},$$

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48;$$

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

Полученные значения необходимо свести в единую таблицу (таблицу 3.4) и, исходя из нее, строится календарный план-график, приведенный в таблице 3.5.

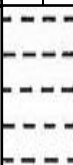
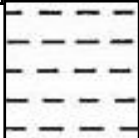
Таблица 4.4 – Временные показатели проведения научного исследования

Обозначения: Исп.1 - Р – руководитель; Исп.2 – И - инженер; Исп.3 – Л– лаборант.

№	Наименование работ	Длительность работ в рабочих днях, Т _{рi}			Длительность работ в календарных днях, Т _{кi}			Исполнители		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Разработка технического задания	7,6			11			Р		
2	Выбор направления исследований	1,4	1,4		2	2		Р	И	
3	Календарное планирование работ по теме	6,4			9			Р		
4	Подбор и изучение материалов по теме		17			25			И	
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	12 7	12 7		18 10	18 10		Р	И	
6	Проведение компьютерных расчетов	2,9 1,6	2,9 1,6		4 2	4 2		Р Р	И И	
7	Оценка эффективности полученных результатов	0,7 1,6	0,7 1,6		1 2	1 2		Р Р	И И	
8	Лабораторные испытания		2,3 2,3	2,3 2,3		3 3	3 3		И И	Л Л

9	Оформление отчета		4,6			7			И	
10	Подготовка к защите дипломной работы		9			13			И	
11	Защита дипломной работы	0,5	0,5		1	1		Р	И	

Таблица 4.5 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнители	Кален. дни	Продолжительность выполнения работ													
				Февр.		март			апрель			май			июнь		
				2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1	Разработка технического задания	Р	11														
2	Выбор направления исследований	Р, И	2 2														
																	
3	Календарное планирование работ по теме	Р	9														
4	Подбор и изучение материалов по теме	И	25														
5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Р И	18 10														
6	Проведение компьютерных расчетов	Р И	4 2														

Лаборант

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

Расчет материальных затрат НТИ осуществляется по следующей формуле:

где m – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования; $N_{расхi}$ – количество материальных ресурсов i -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного

исследования; C_i – цена приобретения единицы i -го вида потребляемых материальных ресурсов; k_T – коэффициент, учитывающий транспортнозаготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для данной НТИ, отражены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед.			Затраты на материалы		
		Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3	Исп.1	Исп.2	Исп.3
УДП порошок железа	кг.	1	1	1	550	550	550	632	632	632
Баллон с N2	шт.	1	1	1	3000	5896	5896	3450	6780	6780
Баллон с CO	шт.	1	1	1	3500	6250	6250	4025	6875	6875
Баллон с H2	шт.	1	1	1	3500	6431	6431	4025	7396	7396
Поливиниловый спирт	кг.	1	0	0	510	0	0	510	0	0
Поливинилпирролидон	кг.	0	1	0	0	2835	0	0	3260	0
Полиэтиленоксид	кг.	0	0	1	0	0	400	0	0	460
Итого								12719	24943	22143

4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование для научных работ

Расчет затрат на специальное оборудование приведен в таблице 4.7. В данной работе специальным оборудованием служит каталитическая установка.

Таблица 4.7 - Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования для научных работ

№	Наименование оборудования	Кол-во единиц оборудования	Цена единицы оборудования с НДС, тыс.руб	Мощность электроприбора, кВт	Общая стоимость, тыс.руб
1.	Каталитическая установка	1	56759	0,295	57059
Итого:					57059

Линейная амортизация рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{C}{T_{об\ i}},$$

где C – стоимость оборудования, $T_{об\ i}$ – норма использования оборудования, лет.

$$A = \frac{56759}{10} = 5675,9 \frac{\text{руб}}{\text{год}}.$$

4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \times T_{раб},$$

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

$T_{раб}$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \times M}{F_d},$$

Обозначения:

Z_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 4.8).

Таблица 4.8 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Научный руководитель	Инженер	Лаборант
Календарное число дней	365	365	365
Количество нерабочих дней:			
- выходные дни	44	48	48
- праздничные дни	14	14	14
Потери рабочего времени			
- отпуска	56	28	28
- невыходы по болезни	2	2	2
Действительный годовой фонд рабочего времени	249	273	249

Все рассчитанные значения основной заработной платы сведены в таблицу 4.9.

Таблица 4.9 – Расчет основной заработной платы

Исполнители	Оклад, руб.	Районный коэффициент	Месячная зарплата, руб./мес	Общие затраты по заработной плате, руб. (5 месяцев)
Руководитель	33 664	1,3	43 763,2	218 816
Инженер	21 760	1,3	28 288	141 440
Лаборант	33 664	1,3	43 763,2	218 816

4.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при

предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.). Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}}$$

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

Для руководителя:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 5689 \text{ рублей}$$

Для инженера:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 3677 \text{ рублей}$$

Для лаборанта:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 5689 \text{ рублей}$$

4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

В 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 (табл.10). Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

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

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

Данные представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель	43 763,2	5689
Инженер	28 288	3677
Лаборант	43 763,2	5689

Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	0,271
Итого: 35 465,6 рублей	

4.4.6 Расчет затрат на научные и производственные командировки

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

В данном исследовании затраты на научные и производственные командировки исполнителей равны нулю.

4.4.7 Контрагентные расходы

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

Расчет величины этой группы расходов зависит от планируемого объема работ и определяется из условий договоров с контрагентами или субподрядчиками.

В данной работе в качестве контрагента выступает Кибернетический Центр ТПУ, поставляющий интернет.

4.4.8 Накладные расходы

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

$$З_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \times k_{\text{нр}},$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

4.4.9 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 (таблица 4.11).

Таблица 4.11 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Материальные затраты	12719	24943	22143
2. Затраты на электроэнергию	1161	1161	1161
3. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	57059	57059	57059
4. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	115 814	115 814	115 814
5. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15 055	15 055	15 055
6. Социальные отчисления	35 465,6	35 465,6	35 465,6
7. Затраты на научные и производственные командировки	0	0	0
8. Контрагентные расходы	-	-	-
9. Накладные расходы (16 % от суммы ст. 1-7)	37 963,8	39 919,6	39 471,6

4.5 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:

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

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \times b_i ,$$

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

a_i – весовой коэффициент i -го варианта исполнения разработки; а

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

n – число параметров сравнения.

В табл. 4.12 приведено сравнение характеристик трех возможных вариантов исполнения проекта.

Таблица 4.12 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует увеличению качества производимого синтетического топлива в стране	0,1	5	5	3
2. Удобство в проведении исследования на практике в силу его простоты, не требующей специального обучения	0,15	4	4	3
3. Экономичность	0,15	4	4	4
4. Надежность	0,20	3	5	4
5. Селективность	0,25	4	4	4
6. Материалоемкость	0,15	5	5	5
ИТОГО	1	4,05	4,45	3,9

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{\text{исп.}i}$) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{\text{исп.}1} = \frac{I_{p-\text{исп.}1}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}1}}, \quad I_{\text{исп.}2} = \frac{I_{p-\text{исп.}2}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп.}2}} \text{ и т.д.}$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($\Theta_{\text{ср}}$):

$$\Theta_{\text{ср}} = \frac{I_{\text{исп.1}}}{I_{\text{исп.2}}}$$

Таблица 4.13 – Сравнительная эффективность разработки

№ п\п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,98	0,96
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,5	4,2	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	4,13	4,45	4,06
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,97	0,91

В данном разделе подробно разобран коммерческий потенциал данного исследования и его перспективы на рынке. Проведена оценка ресурсоэффективности проделанной работы. Описан и составлен план необходимого комплекса работ.

Описав и проанализировав потенциальных потребителей результатов исследования, проведен SWOT- анализ и показана итоговая матрица стратегии данной работы.

Также представлены результаты планирования научно-исследовательской работы.

С позиции финансовой и ресурсной эффективности, данные показатели позволяют сделать вывод, о том, что выбранный вариант исполнения эффективен.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Одним из процессов получения искусственного жидкого топлива и ценных химических соединений на базе не нефтяного сырья (угля, природного газа, биомассы) является синтез углеводородов из CO и H₂, протекающий с участием катализаторов, содержащих переходные металлы VIII группы, известный как синтез Фишера-Тропша. Хотя есть и другие методы получения углеводородных смесей из не нефтяного сырья (например, гидрогенизация угля или биомассы, полукоксование и пиролиз углей), преимущественное развитие процесса Фишера-Тропша наглядно подтверждает его жизнеспособность и перспективность, что определяется огромной сырьевой базой - разведанные запасы угля в энергетическом эквиваленте на порядок превышают нефтяные. Этот метод в сравнение с остальными являются наиболее экологически приемлемым, однако и он имеет свои недостатки.

Объектом данного исследования является синтез Фишера-Тропша и его кинетика.

Материалы данного исследования:

1. Каталитическая установка;
2. Анализируемые продукты;
3. Персональный компьютер.

Область применения данного исследования является нефтехимия. Для химической промышленности особенно важно получение газообразных олефинов, так как это уменьшило бы зависимость органического синтеза от поставок нефтяного бензина, стоимость которого в дальнейшем, вероятно, еще больше возрастет.

В лабораторных условиях применение данной работы поможет заменить дорогостоящих анализ для определения углеводородного состава, на более дешевый анализ низкотемпературных свойств, который также достоверно описывает распределение продуктов.

На НПЗ данная исследовательская работа также поможет наиболее точно, без специально обученного персонала и дорогого оборудования получать необходимое распределение продуктов.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В данном разделе рассмотрены специальные правовые нормы трудового законодательства и их особенности, применимые к условиям научно – исследовательского проекта.

5.1.1 Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства

Согласно ТК РФ, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на[16]:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;

- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;

5.1.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

При выполнении данной исследовательской работы, инженеру было предоставлено рабочее пространство – «Научно-аналитический центр ТПУ» во втором корпусе НИ ТПУ, соответствующее трудовому кодексу.

- Стол инженера был размещен справа от прохода на расстоянии 300 мм.
- Конструкция рабочего стола обеспечивала оптимальное размещение оборудования. Экран компьютера находился на расстоянии 600мм от глаз пользователя. Рабочее место было оборудовано подставкой для ног шириной 300 мм, глубиной 400 мм.
- Рабочий стул обеспечивал поддержание рациональной рабочей позы при аналитической работе за компьютером. Экспериментальная часть работы проводилась стоя.
- Стул располагался на расстоянии 400 мм. от границы рабочего пространства.
- Окна в рабочем помещении ориентированы на северо-восток.

5.2 Производственная безопасность

5.2.1 Анализ вредных и опасных факторов, которые может создать объект исследования синтеза Фишера-Тропша

Согласно [17] ГОСТу 12.0.002-2014 установлены специальные положения в сфере обеспечения безопасности трудовой и производственной деятельности необходимые для соблюдения.

Исследование синтеза Фишера-Тропша на УДП железном катализаторе может создать вредные и опасные факторы для работников исследования.

В представленной ниже таблице показаны вредные и опасные факторы, которые могут повлиять на работников при проведении исследования.

Таблица 5.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)			Нормативные Документы
	Разрабо тка	Эксплуа тация	
1.Отклонение показателей микроклимата [18]	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
2.Отсутствие или недостаток естественного и искусственного света на рабочем месте [19]	+	+	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» СН 2.2.4/2.1.8.562–96. «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки».
3.Повышенный уровень шума на рабочем месте [20]	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
4. Повышенный уровень электромагнитных излучений [21]			ГН 2.2.5.3532–18. «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны».
5. Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу [22]	+	+	

Используя данные таблицы можно учесть опасные и вредные факторы теоретически могут возникнуть при работе с объектом исследования.

5.2.2. Анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Далее представлены описания вредных и опасных факторов, описанных выше.

- Отклонение показателей микроклимата

Микроклимат производственного помещения — это состояние внутренней среды помещения, влияющие на работоспособность посредством температуры и влажности.

В качестве источника возникновения отклонений показателей микроклимата могут выступать: климатические условия снаружи помещения в зависимости от времени года, отключение отопления, неэффективная работа вентиляции.

Воздействие отклонений на человека проявляется в ускоренном переутомлении, при повышении температуры, обморожении и простудных заболеваниях при низких температурах. Также высокая температура способствует пересыханию слизистых оболочек дыхательных путей.

Допустимые нормы температуры и влажности воздуха в рабочей зоне производственного помещения согласно ГОСТу 12.1.005-88 [23]: в холодный период оптимальная температура составляет 22-24°C при влажности воздуха 40-60%. Допустимая температура составляет 18-26 °C, при влажности воздуха 75%; в теплый период оптимальная температура составляет 23-25°C при влажности воздуха 40-60%. Допустимая температура составляет 20-30°C при допустимой влажности 55% (при 28°C).

Для минимизации воздействия данного фактора предлагаются следующие средства защиты: толщина стен не менее 0,8 метров, вентиляторы, система отопления, спецодежда.

- Отсутствие или недостаток естественного и искусственного света на рабочем месте

Отсутствие или недостаток света в рабочей зоне является важным вредным фактором влияющим на работоспособность и работу инженера.

Источником возникновения недостатка естественного света может служить недостаточное количество окон и светопроемов, обеспечивающих допустимый коэффициент освещенности.

Источником возникновения недостатка искусственного света может служить в отдаленности освещения от рабочего места, невозможность управления световым потоком, перепады напряжения сети, питающей осветительные приборы.

Воздействие фактора недостатка света на организм человека может проявляться в ухудшении зрительного функционирования, воздействии на психику и эмоциональное состояние человека, вызывании усталости центральной нервной системы. Следует отметить, что качества освещения также влияет на предотвращение воздействия вредного фактора. Неравномерное освещение провоцирует проблемы адаптации, снижая видимость.

Допустимые нормы освещенности рабочего помещения согласно ГОСТу Р 55710-2013 [24]: значение освещенности в зоне непосредственного окружения составляет не менее 500 лк; равномерность освещенности составляет не менее 0,60; объединенный показатель дискомфорта составляет не более 19; коэффициент освещенности не должен превышать 10%.

Для минимизации вредного воздействия освещенности необходимо прибегать к таким средствам защиты как приобретение дополнительных светильников, использование ламп, работающих от переменного тока частотой 400 Гц и выше.

- Повышенная уровень шума на рабочем месте

Шум, как раздражающий фактор, оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека. При работе с ПК возможно появление нервного напряжения и снижение работоспособности. Источники шума - процессор компьютера, электролампы, системы вентиляции и отопления. В соответствии СН 2.2.4/2.1.8.562–96 уровень шума на рабочем месте пользователей ПК не должны превышать значений 50 дБА. В помещениях всех типов образовательных учреждений, в которых эксплуатируются ПЭВМ, уровень вибрации не должен превышать допустимых значений в соответствии [25] с СН 2.2.4/2.1.8.566–96. «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий».

Рабочее место не имеет собственных источников вибрации, но испытывает обще технологические воздействия. Следовательно, согласно

классификации по источнику возникновения вибрации, рабочее место относится к Категории 3 и Типу В.

- **Повышенный уровень электромагнитных излучений**

Одним из наиболее вредных факторов является ЭМП, которое при превышении допустимых уровней оказывает вредное влияние на нервную, иммунную, эндокринную системы человека. Наиболее подвержены влиянию ЭМП кровеносная система, головной мозг, глаза, иммунная и половая системы. Основным источником ЭМ излучений от мониторов ПЭВМ является трансформатор высокой частоты строчной развёртки, который размещается в задней или боковой части. Кроме того, усилить пагубное воздействие ЭМП может продолжительное время работы, теснота помещения и большое число ПК. Кроме того, нарушается работа нервной системы, ослабевает память, повышается утомляемость, нарушается режим сна. Согласно [26] ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. «Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности» при напряженности электрического поля в диапазоне в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц и в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц временные допустимые уровни электромагнитного поля составляют 25 В/м и 2,5 В/м соответственно. А мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса видео дисплейного терминала не должна превышать 1 мкЗв/ч (100 мкР/ч).

- **Утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу**

Источником возникновения утечки токсичных и вредных веществ в атмосферу лаборатории может стать поломка вытяжки, некачественные колбы для хранения образцов, пыль при загрузке катализатора.

Воздействие вредного фактора может повлиять на организм человека путем длительного вдыхания паров компонентов и газообразных продуктов синтеза с последующим отравлением, аллергическая реакция, ожоги.

Допустимые нормы содержания токсичных веществ в воздухе и при попадании на кожу согласно ГОСТу 12.1.005-88 составляет 5001-50000 мг/куб.м и соответственно 501-2500 мг/кг.

Для минимизации воздействия вредного фактора предлагаются такие средства защиты как респираторы, перчатки резиновые, противогазы.

5.2.3 Обоснование мероприятий по защите персонала предприятия от действия опасных и вредных факторов

Для обеспечения снижения влияния опасных и вредных факторов на работающих могут быть предприняты следующие решения:

- Систематический осмотр помещения, в котором проводят исследование, на наличие вышедших из строя осветительных приборов; а также осмотр систем отопления, проверка толщины стен, проверка утеплителя в холодное время года;
- Систематическая проверка влажности на предмет отклонения от допустимой нормы; установка термометра для определения возможного отклонения от допустимых показателей температуры на рабочем месте;
- Выдача спецодежды и переносных приборов для защиты от токсичных веществ, выдача перчаток для защиты от термических ожогов и обморожений;
- Систематическая проверка вентилятора и вытяжки на предмет некорректной работы;
- Проверка каталитической установки и посуды на наличие трещин и поломок.

5.3 Экологическая безопасность

Вредное воздействие предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности распространяется, главным образом, на водные бассейны и атмосферу. При выделении вредные вещества и примеси могут раздражать органы дыхания, способствовать образованию кислотных дождей и другим разрушающим атмосферу факторам.

Для борьбы с загрязнением атмосферы на каталитической установке применяют следующие меры:

- воздух, с компрессорных установок проходит очистку в центробежных циклонах, после чего сбрасывается в атмосферу;
- газы, которые не могут быть использованы в дальнейшем для переработки подаются на факельную установку;
- совершенствование производства и создания новых технологий (например, безотходная технология для совместного получения АИ-93 и А-76, переход на производство неэтилированного бензина, уменьшение ароматических углеводородов в бензине;
- каталитический дожиг выбросов;
- использование котлов утилизаторов для использования тепла отходящих газов с целью снижения теплового загрязнения атмосферы;
- сооружения линий аварийных сбросов давления в факельную линию.

Воздействие на гидросферу отсутствует, так как слив вредных веществ отсутствует. Воздействие на литосферу отсутствует, так как выброс твердых остатков отсутствует.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

В данном подразделе представлен анализ возможных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть при исследовании гидрирования монооксида углерода или его эксплуатации на производстве.

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований

Ниже представлены возможные чрезвычайные ситуации, которые может инициировать синтез Фишера-Тропша:

- Техногенного характера (аварийная ситуации в лаборатории и при работе с ПК);
- Социального характера (террористический акт);

Наиболее типичной и опасной является ЧС техногенного характера.

Самые вероятные типы ЧС, которые могут произойти в процессе исследования: разлив и возгорание компонентов при соприкосновении с огнем и при эксплуатации ПК.

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при производстве объекта исследования на производстве

Ниже представлены возможные чрезвычайные ситуации, которые может возникнуть при внедрении данного исследования в производство:

- Техногенного характера (аварийная ситуации);
- Социального характера (террористический акт);
- Стихийного характера (лесные пожары, наводнения, ураганные ветры).

Также наиболее типичной ЧС будет являться ситуация техногенного характера, теоретически вызванная выходом из строя каталитической установки, самовозгоранием ПК, пожаром на производстве.

5.4.3 Обоснование мероприятий по предотвращению ЧС и разработка порядка действия в случае возникновения ЧС

Мероприятия по предотвращению чрезвычайных ситуаций представлены ниже согласно [27] РД 153-39.4-056-00: систематическая диагностика оборудования ; обслуживание и ремонт оборудования; наличие современных сигнализаций и приборов контроля; систематический инструктаж персонала; планы поддержания рабочего состояния лаборатории после чрезвычайной ситуации или катастрофы; план реагирования в случае террористических действий; план реагирования на биологические, химические и радиологические инциденты в лаборатории.

В данном разделе были подробно разобраны правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности сотрудников касательно проектирования оптимально комфортной рабочей зоны. Произведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в результате работы над исследованием синтеза Фишера-Тропша. Также было показано как

предотвратить возникновение опасных факторов и теоретически возможных чрезвычайных ситуаций.

Практическая значимость полученных нами данных о социальной ответственности состоит в понимании вредных и опасных факторов с которыми могут столкнуться работники , а также умение выйти из различных чрезвычайных ситуаций, которые могут возникнуть при проведении данного исследования или при его применении н

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. Шафран Т.А., Назарова Г.Ю., Шалжанова К.Б., Алматкызы М. Прогнозирование группового состава вакуумного дистиллята на основе экспериментальных данных о физико-химических свойствах // XVII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке». Материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Химия (Томск, 17-20 мая 2016 г.). – Томск: Издательство Томский политехнический университет, 2016. – Химия – с. 396 – 397.

2. Григорьева М.М., Шалжанова К.Б. Моделирование кинетики синтеза органических соединений из оксида углерода и водорода // XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Химия и химическая технология в XXI веке». Материалы XIX Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых, Химия (Томск, 21-24 мая 2018 г.). – Томск: Издательство Томский политехнический университет, 2018. – Химия – с. 364 – 365.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Mark Crocker, ed., Thermochemical Conversion of Biomass to Fuels and Chemicals, Royal Society of Chemistry – 2010.
2. J. van de Loosdrecht, J.W. Niemantsverdriet, "Chemical Energy Storage" - De Gruyter, Berlin - 2013.
3. Hu, Y.H. , E. Ruckenstein, Catalytic conversion of methane to synthesis gas by partial oxidation and CO₂ reforming, Advances in Catalysis – 2004. - Vol 48 – P 297-345.
4. Bharadwaj, S.S., Schmidt, L.D. Catalytic partial oxidation of natural gas to syngas, Fuel Processing Technology – 1995. – Vol 42 - P 109-127
5. Centi, G., Perathoner, S. Opportunities and prospects in the chemical recycling of carbon dioxide to fuels, Catalysis Today – 2009. – Vol 148 - P 191-205.
6. Steynberg, A., Dry M.E. /Studies in Surface Science and Catalysis/ Elsevier B.V. All rights reserved - 2004. – Vol 152.
7. Российский химический журнал им. Д.И. Менделеева, т. LII – 2008. - № 6
8. Espinoza R.L., Steynberg A.P., Jager B., Vosloo A.C. Appl. Catal. A: General – 1999. - Vol 186 - P 13—26.
9. Dry M.E. The Fischer-Tropsch process: 1950–2000. Catal Today - 2002. - №71:227–41
10. Свирская С.Н, Трубников И.Л. Учебное пособие /Химическая переработка твердого топлива и перспективы получения жидких углеводородов из биомассы/ - 2008.
11. Steynberg A., Dry M.E, Davis B.H, Breman B.B. Fischer-Tropsch reactors. Fischer-Tropsch technology. Amsterdam: Elsevier – 2004. - chapter 2.
12. Steynberg, A.P., Espinoza, R.L., Jager, B., Vosloo, A.C. High temperature Fischer-Tropsch synthesis in commercial practice, Applied Catalysis a-General – 1999. – Vol 186 - P 41-54.

13. Maitlis P.M, de Klerk A. Greener Fischer-Tropsch processes for fuels and feedstocks. - Weinheim: Wiley-VCH Verlag - 2013.
14. de Klerk A. Fischer-Tropsch refining. - Weinheim:Wiley-VCH Verlag; - 2011.
15. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.
16. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 27.12.2018)
17. ГОСТ 12.0.002-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Термины и определения
18. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.4.548–96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 1 октября 1996 г., № 21. Москва.
19. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
20. СН 2.2.4/2.1.8.562–96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
21. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
22. ГН 2.2.5.3532–18. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
23. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
24. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.

25. СН 2.2.4/2.1.8.566–96. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий.

26. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.

27. РД153-39.4-056-00 Правила технической эксплуатации магистральных нефтепроводов.

Выход газообразных продуктов синтеза Фишера Тропша

Выход жидких продуктов синтеза Фишера-Тропша

Приложение В

Программа расчета кинетики синтеза Фишера-Тропша на ультрадисперсном железосодержащем катализаторе в среде Pascal