

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки 18.03.01. Химическая технология
 Отделение школы Отделение химической инженерии

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Прогнозирование промышленного процесса изомеризации легких бензиновых фракций

УДК 665.633.2.095.21

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Кыштымова Елена Анатольевна		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Чузов Вячеслав Алексеевич	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кашук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Кузьменко Елена Анатольевна	к.т.н., доцент		

Рецензент

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший научный сотрудник ФГБОУ ВО "ЮГУ"	Корнеев Дмитрий Сергеевич	к.х.н.		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП

Код компетенции	Наименование компетенции
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
УК(У)-2	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
УК(У)-3	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
УК(У)-4	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном и иностранном(-ых) языке(-ах)
УК(У)-5	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
УК(У)-6	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
УК(У)-7	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
УК(У)-8	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)-1	Способность применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства оптоэлектроники, оптических и оптико-электронных приборов и комплексов
ОПК(У)-2	Способность осуществлять профессиональную деятельность с учетом экономических, экологических, интеллектуально правовых, социальных и других ограничений на всех этапах жизненного цикла технических объектов и процессов
ОПК(У)-3	Готовность использовать знания о строении вещества, природе химической связи в различных классах химических соединений для понимания свойств материалов и механизма химических процессов, протекающих в окружающем мире
ОПК(У)-4	Владение пониманием сущности и значения информации в развитии современного информационного общества, осознания опасности и угрозы, возникающих в этом процессе, способность соблюдать основные требования информационной безопасности, в том числе защиты государственной тайны

ОПК(У)-5	Владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией
ОПК(У)-6	Владение основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность и готовность осуществлять технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса, свойств сырья и продукции
ПК(У)-2	Готовность применять аналитические и численные методы решения поставленных задач, использовать современные информационные технологии, проводить обработку информации с использованием прикладных программных средств сферы профессиональной деятельности, использовать сетевые компьютерные технологии и базы данных в своей профессиональной области, пакеты прикладных программ для расчета технологических параметров оборудования
ПК(У)-3	Готовность использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации продуктов и изделий, элементы экономического анализа в практической деятельности
ПК(У)-4	Способность принимать конкретные технические решения при разработке технологических процессов, выбирать технические средства и технологии с учетом экологических последствий их применения
ПК(У)-5	Способность использовать правила техники безопасности, производственной санитарии, пожарной безопасности и нормы охраны труда, измерять и оценивать параметры производственного микроклимата, уровня запыленности и загазованности, шума, и вибрации, освещенности рабочих мест
ПК(У)-6	Способность налаживать, настраивать и осуществлять проверку оборудования и программных средств
ПК(У)-7	Способность проверять техническое состояние, организовывать профилактические осмотры и текущий ремонт оборудования, готовить оборудование к ремонту и принимать оборудование из ремонта
ПК(У)-8	Готовность к освоению и эксплуатации вновь вводимого оборудования
ПК(У)-9	Способность анализировать техническую документацию, подбирать оборудование, готовить заявки на приобретение и ремонт оборудования
ПК(У)-10	Способность проводить анализ сырья, материалов и готовой продукции, осуществлять оценку результатов анализа
ПК(У)-11	Способность выявлять и устранять отклонения от режимов работы технологического оборудования и параметров технологического процесса

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа природных ресурсов
 Направление подготовки (специальность) 18.03.01. «Химическая технология»
(Химическая технология подготовки и переработки нефти и газа)
 Отделение школы (НОЦ) Отделение химической инженерии

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП _____ Кузьменко
Е.А. _____
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д7Г	Кыштымовой Елене Анатольевне

Тема работы:

Прогнозирование промышленного процесса изомеризации легких бензиновых фракций	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	28.01.2022 г., №28-91/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	06.06.2022 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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></p>	<p>Технологическая схема и оборудование установки изомеризации прямогонной бензиновой фракции</p>
---	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>1 Литературный обзор</p> <p>1.1 Теоретические сведения</p> <p>1.2 Химизм процесса</p> <p>1.3 Относительные скорости реакций изомеризации прямогонных бензиновых фракций и их роль в процессе</p> <p>1.4 Катализаторы процесса</p> <p>1.4.1 Биметаллические катализаторы</p> <p>1.4.2 Активность и селективность катализатора</p> <p>1.5 Влияние основных параметров на процесс изомеризации</p> <p>1.6 Подходы к моделированию процесса изомеризации прямогонных бензиновых фракций</p> <p>1.6.1 Кинетические модели</p> <p>1.7 Классификация технологий изомеризации прямогонных бензиновых фракций</p> <p>2 Объект и методы исследования</p> <p>2.1 Характеристика объекта исследования</p> <p>2.2 Методы исследования</p> <p>3 Исследование технологических закономерностей процесса изомеризации</p> <p>3.1 Влияние состава сырья на показатели качества изомеризата</p> <p>3.2 Исследование влияния температуры</p> <p>3.3 Влияние объемной скорости подачи сырья</p>
<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева Ирина Леонидовна</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Кащук Ирина Вадимовна</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	
<p> </p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>14.04.2022 г.</p>
--	----------------------

Задание выдал руководитель:

<p>Должность</p>	<p>ФИО</p>	<p>Ученая степень, звание</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>Доцент ОХИ ИШПР</p>	<p>В.А. Чузлов</p>	<p>к.т.н.</p>	<p> </p>	<p> </p>

Задание принял к исполнению студент:

<p>Группа</p>	<p>ФИО</p>	<p>Подпись</p>	<p>Дата</p>
<p>3-2Д7Г</p>	<p>Е.А. Кыштымова</p>	<p> </p>	<p> </p>

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-2Д7Г	Кыштымовой Елене Анатольевне

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение школы (НОЦ)	Отделение химической инженерии
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01.Химическая технология

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Отчисления во внебюджетные фонды 30,2 % (НК РФ)</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	<i>Анализ и оценка конкурентоспособности НИ. SWOT-анализ</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>Определение структуры выполнения НИ. Определение трудоемкости работ. Разработка графика проведения исследования.</i>
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	<i>Расчет бюджетной стоимости НИ</i>
4. <i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	<i>Определение: интегрального финансового показателя; интегрального показателя ресурсоэффективности; интегрального показателя эффективности</i>

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. <i>Карта сегментирования</i>
2. <i>Матрица SWOT</i>
3. <i>График проведения НИ</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	к.т.н доцент		28.02.2022

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Кыштымова Елена Анатольевна		28.02.2022

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа		ФИО	
3-2Д7Г		Кыштымова Елена Анатольевна	
Школа	ИШПР	Отделение (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 Химическая технология

Тема ВКР:

Исследование процессов изомеризации прямогонных бензиновых фракций

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

Введение	<p><i>Объект исследования:</i> моделирование процесса изомеризации</p> <p><i>Область применения:</i> Нефтехимическая промышленность</p> <p><i>Рабочая зона:</i> лаборатория</p> <p><i>Размер помещения:</i> 4м*5 м</p> <p><i>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</i> ЭВМ(ПК)</p> <p><i>МФУ:</i> laserjet-1 шт.</p> <p><i>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</i> работа в программе по математическому моделированию процесса изомеризации прямогонных бензиновых фракций.</p>
<p>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</p> <p>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</p> <p>- специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</p> <p>- организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</p>	<p>Трудовой кодекс Российской Федерации" от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 25.02.2022)</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.</p> <p>СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда».</p> <p>ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения</p>
<p>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</p> <p>2.1 Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</p> <p>2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия</p>	<p>Опасные факторы:</p> <p>1. Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которых попадает работник.</p> <p>Вредные факторы:</p> <p>1. Повышенный уровень шума;</p> <p>2. Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;</p> <p>3. Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;</p>

	4. Длительное сосредоточенное наблюдение. Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов: изоляция проводов и её непрерывный контроль; предупредительная сигнализация и блокировка; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; защита от случайного прикосновения; защитное заземление; защитное отключение оборудования.
3. Экологическая безопасность при эксплуатации:	Воздействие на селитебную зону – не оказывается. Воздействие на литосферу– твердые отходы. Воздействие на гидросферу– не оказывается Воздействие на атмосферу – не оказывается
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации:	Возможные ЧС: Природные катастрофы (наводнение, цугами, ураган) Геологические воздействия (землетрясение, обвалы, оползни и т.д.) Техногенные (тепловой взрыв, с выбросом радиоактивных веществ, пожар, отказ системы безопасности) Наиболее типичная ЧС: пожар.
Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-2Д7Г	Кыштымова Елена Анатольевна		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 83 стр., 21 рисунок, 33 таблицы, 22 источника.

Ключевые слова: процесс изомеризации, изомеризат, эксплуатационные характеристики, высокооктановые компоненты, октановое число.

Объектом исследования в данной работе является процесс изомеризации прямогонной бензиновой фракции НК-62°C. Рассмотрено несколько вариантов реализации данного процесса: с рециклом по непревращенным гексанам (катализатор – Pt на Al₂O₃); с рециклом по пентану и гексанам (катализатор – Pt на ZrO₂ / SO₄).

Целью работы является исследование влияния основных параметров процесса изомеризации на эксплуатационные характеристики получаемого продукта, выполненного с использованием математической модели.

В процессе исследования определялись оптимальные параметры процесса изомеризации прямогонных бензиновых фракций.

Область применения: может применяться на нефтеперерабатывающих заводах, на которых реализуется процесс изомеризации.

Экономическая значимость работы заключается в подборе оптимальных параметров, который позволит снизить затраты на поддержание неоправданно высоких температур процесса переработки, а также снизить расход сырья, путем уменьшения ненужных побочных продуктов.

Оглавление

Введение.....	12
1.1 Теоретические основы процесса изомеризации прямогонных бензиновых фракций.	13
1.2 Химизм процесса изомеризации.....	14
1.3 Относительные скорости реакций изомеризации прямогонных бензиновых фракций и их роль в процессе	16
1.4 Катализаторы процесса.....	17
1.4.1 Биметаллические катализаторы.....	21
1.4.2 Активность и селективность катализатора.....	25
1.5 Влияние основных параметров на процесс изомеризации	26
1.6 Подходы к моделированию процесса изомеризации прямогонных бензиновых фракций.....	27
1.7 Классификация технологий изомеризации прямогонных бензиновых фракций	31
2 Объект и методы исследования	39
2.1 Характеристика объекта исследования.....	39
2.2 Методы исследования.....	41
3 Исследование технологических закономерностей процесса изомеризации	43
3.1 Влияние состава сырья на показатели качества изомеризата	43
3.2 Исследование влияния температуры.....	44
3.3 Влияние объемной скорости подачи сырья.....	46
3.4 Анализ эффективности различных технологий процесса изомеризации .	48
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	52
Введение.....	52
4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	52
4.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	52

4.1.2 SWOT-анализ.....	54
4.2 Планирование научно – исследовательских работ	57
4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования	57
4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	58
4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	62
4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ	62
4.3.2 Затраты на оборудование	63
4.3.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы	63
4.3.4 Накладные расходы.....	66
4.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта ...	66
4.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	67
5 Социальная ответственность	70
Введение.....	70
5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	70
5.2 Производственная безопасность при эксплуатации.....	73
5.2.1 Выявление опасных и вредных производственных факторов	73
5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов	73
5.2.2.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи	73
5.2.2.2 Превышение уровня шума	74
5.2.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны	75
5.2.2.4 Вредные производственные факторы, связанные с микроклиматом ..	76
5.2.2.5 Длительное сосредоточенное наблюдение.....	76
5.3 Экологическая безопасность.....	77
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	78
Выводы по разделу.....	79
Заключение	80
Список использованных источников	81

Введение

Процесс изомеризации бензиновых фракций является одним из наиболее экономически обоснованных методов получения высокооктановых компонентов. Актуальность улучшения установок изомеризации, заключающаяся в улучшениях их технических показателей, постоянно возрастает, так как требования к товарным бензинам с каждым годом ужесточаются по количеству содержания бензола и ароматических углеводородов.

Объектом исследования в данной работе является процесс изомеризации прямогонной бензиновой фракции НК-62°C. Рассмотрено несколько вариантов реализации данного процесса: с рециклом по непревращенным гексанам (катализатор – Pt на Al₂O₃); с рециклом по пентану и гексанам (катализатор – Pt на ZrO₂ / SO₄).

Цель работы заключается в следующем: при помощи математической модели исследовать влияние основных параметров процесса на качество получаемых продуктов. Математическая модель, используемая в представленной работе, прошла проверку на адекватность, путем сравнения данных экспериментального и расчетного состава изомеризата.

Результаты, полученные в работе, в дальнейшем могут быть применены на эксплуатируемых нефтеперерабатывающих заводах.

1 Литературный обзор

1.1 Теоретические основы процесса изомеризации прямогонных бензиновых фракций.

Прямогонные бензиновые фракции, которые получают в результате процесса ректификации, обладают высоким содержанием n-алканов, октановое число которых очень низкое. Как следствие, их нельзя применять как автомобильный бензин без проведения дополнительной обработки. Решением в данной ситуации является процесс изомеризации в среде водорода, в результате которого можно увеличить октановое число.

Производство изомеризата (основного компонента автобензинов) является главной задачей процесса изомеризации прямогонных бензиновых фракций нефтехимической промышленности. А также получение сырья для изготовления каучуков – изопентана. Минимизировать выход ароматических соединений и олефинов при проведении процесса изомеризации можно за счет правильного подбора типа катализатора и оптимальных условий протекания процесса. Основным сырьем выступают легкие бензины, которые получают в результате гидрокрекинга, бензины-рафинаты, прямогонные бензины, а также полученные из газового конденсата фракции C_6, C_5 .

Основными целями использования установок для изомеризации бензиновых фракций на современных нефтеперерабатывающих предприятиях по переработке нефти при производстве бензина являются:

1. Поэтапное уменьшение количества ненасыщенных циклических углеводородов (до 25%).
2. Последовательное уменьшение содержания олефиновых углеводородов. На конечном этапе может достигать до 4 % об.
3. Снижение концентрации бензола до 1% масс. (и менее);
4. Последовательное уменьшение содержания олефиновых углеводородов. На конечном этапе может достигать до 4 % об.

4. Уменьшения количества содержания серы до 10 ppm (на последнем этапе)

5. Увеличение до 50 % доли легких углеводородов, которые выкипают при температуре $T < 100^{\circ}\text{C}$

Снижение «жесткости» процесса риформинга, которое, в свою очередь, приводит к увеличению выхода товарных бензинов и риформата с сопутствующим уменьшением концентрации ароматических углеводородов, является дополнительным аргументом включения установки изомеризации в схему переработки нефтепродуктов [1].

1.2 Химизм процесса изомеризации

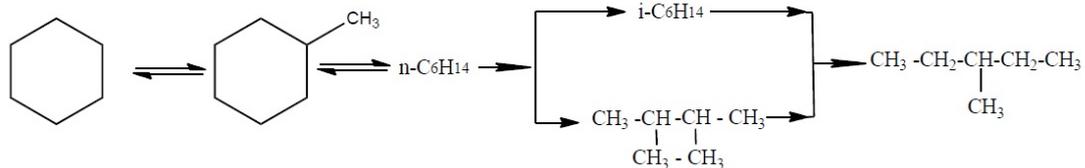
Перегруппировка молекулярной структуры n-алканов в изо-алканы с большим октановым числом является основой химизма процесса изомеризации прямогонных бензиновых фракций.

Реакции процесса изомеризации происходят без изменения объема, с невысоким выделением тепла (около 20кДж/моль). Все они являются обратимыми, и их схема выглядит таким образом:

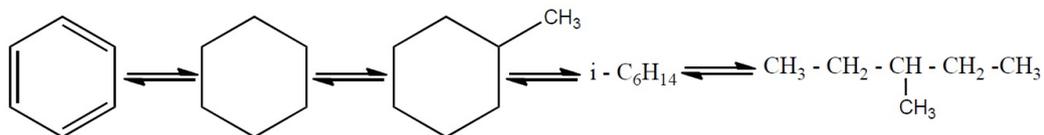


Как говорилось выше, изменение объёма при протекании реакции практически не происходит, поэтому основную роль в термодинамическом равновесии играет температура. Образование i-парафиновых углеводородов происходит при низких температурах.

Также, немаловажную роль на скорость и механизм реакции изомеризации оказывает тип катализатора и условия проведения реакций. Механизм и кинетика реакций при изомеризации нормальных парафинов на биметаллических катализаторах (алюмоплатиновых, промотивированных *Cl* и *F*, цеолитных) происходит с образованием промежуточных соединений.



- реакция изомеризации бензола:



1.3 Относительные скорости реакций изомеризации прямоугольных бензиновых фракций и их роль в процессе

Равновесный выход изомеров при установившемся равновесии реакции обратно пропорционален росту температуры. Но для достижения высокого выхода целевого продукта нужно более длительное нахождение реакционной смеси в аппарате. Также уменьшив объемную скорость подачи сырья можно достигнуть большего равновесного выхода изомеров. Сочетание этих условий в процессе изомеризации при низкой температуре не позволяет достичь высокого выхода изомеров, так как они препятствуют в целом протеканию реакции с большей скоростью. В результате, увеличение температуры позволит увеличить скорость реакции, и соответственно, увеличить выход целевых продуктов. Преимущественным условием, тормозящим рост выхода продуктов, изомеризации является термодинамическое равновесие процесса.

Из сказанного выше можно сделать заключение об ограничении выхода изомеризата скоростью реакции при низких температурах. А в случае проведения процесса изомеризации при высоких температурах термодинамическим равновесием

Однако, следует заметить, что не только температура оказывает влияние на скорость изомеризации. Немаловажную роль играет и молекулярный вес углеводородов: с увеличением веса скорость реакции возрастает. Данные о зависимости скорости реакции от молекулярного веса углеводородов представлена в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Относительные скорости изомеризации

	При 340 °С	При 360 °С
n-Пентан	1	1
n-Гексан	2,1	1,9
n-Гептан	3,1	2,9
n-Октан	4,2	-

Относительные скорости реакции изомеризации зависят от многих факторов. В том числе и от применяемого катализатора.

1.4 Катализаторы процесса

Так как на равновесный состав продуктов изомеризации нормальных алканов в основном влияет температура, то классифицировать катализаторы целесообразно начинать именно в зависимости от данного параметра [3]. Существует основные процессы, отличающиеся разными пределами температурного режима:

- процессы, происходящие при температуре до 200 °С, так называемые низкотемпературные;
- в границах температур от 200 °С до 350-380 °С, среднетемпературные;
- выше 380 °С, соответственно называются высокотемпературными.

В соответствии с перечисленными выше режимами, можно разбить катализаторы на три основные группы, в порядке уменьшения их активности при проведении процесса изомеризации. Также, при рассмотрении каждой группы, необходимо выделять природу их каталитического действия и химсостав.

Катализаторы изомеризации должны удовлетворять следующим требованиям – обеспечивать максимальное значение октанового числа при наименьшей температуре процесса. Существуют следующие виды катализаторов бензиновых фракций:

- *Pt*/цеолит для процесса среднетемпературной изомеризации

Данные катализаторы предназначены для работы в температурном диапазоне 250-280 °С. Как видно, значение температуры выше чем у катализаторов на основе Al_2O_3 с нанесенной платиной. В следствии этого, невозможно достичь максимальных значений октановых показателей, так как при протекании реакции этому препятствует условие равновесия. Преимуществом данных катализаторов является то, что они поддаются полной регенерации, малочувствительны к воздействию воды.

- *Pt*/хлорированный Al_2O_3 для процесса низкотемпературной изомеризации в температурном интервале от 120 до 160 °С.

Данный тип катализатора характеризуется наибольшей активностью, так как, при его участии в процессе, достигается глубокая изомеризации и получается изомеризат с высокими октановыми показателями. Однако, наряду с этим, он имеет недостаток: нет способности к регенерации.

- алюмоплатиновый катализатор, промотивированный *F*, с нанесенной *Pt* для использования в процессах при высокой температуре, в границах от 350 до 480 °С.

От участия в процессах изомеризации фторированных катализаторов отказались, так как они требуют, подогрев сырья, а это, в свою очередь, ведет к увеличению затрат.

На сегодняшний день в России осуществляется производство следующих типов катализаторов для изомеризации прямогонных бензиновых фракций [4]:

1. Катализатор алюмоплатиновый ИП-62 ВК. Используется для получения изопентана для дальнейшего получения синтетического каучука путем изомеризации нормального пентана. Температурный диапазон применения – 350-450 °С. Применение не требует предварительной очистки сырья от примесей серы. Представляет собой фторированный Al_2O_3 с нанесенной платиной, распределенной равномерно.

2. Катализатор изомеризации ИП-82. Применяется при температурах 360-420 °С. Используется для получения сырья для производства каучук и компонента бензина. В качестве сырья выступает пентан-гексановая фракция и нормальный пентан. Состав: промотивированный фтором с содержанием платины 0,4 %, алюмоплатиновый катализатора

3. Катализатор НИП-3А низкотемпературного процесса. Применяется для изомеризации нормальный алканов при низких температурах (диапазон применения 120-200 °С). Состав: композиция Pt на активном высокоповерхностном Al_2O_3 . Предназначен для получения *i*-пентана, *i*-бутана (с целью получения сырья каучуков)

4. Катализатор СИП – 2А. Применяется для процессов изомеризации фракций парафиновых углеводородов C_5, C_6 при средних температурах (диапазон температурных границ 240-280 °С). Основное предназначение - получение сырья для синтеза изопрена в виде *i*-пентана, а также высокооктановых изоалканов – компонентов атвобензинов. Представляет собой композицию Pt и промотора на носителе из смеси цеолита, модифицирующих добавок и Al_2O_3 .

5. Катализатор изомеризации СИ-2. Используется преимущественно для изомеризации парафиновых углеводородов C_5, C_6 . Применяется при температурах от 120 до 140 °С. При использовании очистка специальная

очистка сырья не нужна. Также, не нужна подача хлорсодержащих реагентов при его использовании. Состав: основу составляет платина, на которую распределен равномерно носитель цирконийсодержащий. Также присутствует оксид алюминия в виде модифицированной добавки.

6. Катализатор среднетемпературной изомеризации «Хайзопар». Относится к бифункциональному катализатору. Состав – модернит, с промотором платины. Целевое назначение – изомеризация при средних температурах, с получением высокооктанового компонента товарного бензина. К качеству сырья используется смесь из легкого риформата, фракция C_5 (с ГФУ) и фракция прямого перегона бензина $30-70^{\circ}C$.

В таблице 1.3 приведена сравнительная характеристика процессов изомеризации C_5-C_6 фракций на различных катализаторах, основные физические свойства которых представлены в таблицах 1.2.

Таблица 1.2 – Физико-химические характеристики катализаторов

Наименование	ИП – 62ВК	ИП – 82	СИП – 2А	НИП – 3А	СП – 2 («за проход»)
Состав катализатора	$Pt/\gamma-Al_2O_3-F$	$Pt/\gamma-Al_2O_3-F$	Pt/η – модернит	$Pt/\eta-Al_2O_3-Cl$	Pt/ZrO_2-SO_4
$T, ^{\circ}C$	360–400	360–390	250–290	120–200	120–140
$P, МПа$	3,5	2,5–3,5	2,5–3,0	2,5–3,5	2,5–3,0
Объемная скорость подачи сырья, $ч^{-1}$	2,0	2,0	2,0	1,5–2,0	2,0–3,5
Соотношение $H_2 : CH$ (мольн)	–	2,0–3,0:1,0	2,0–3,0:1,0	2,0–3,0:1,0	1,5–2,0:1,0
ИОЧ	–	68–76	70–80	78–84	82–84
Выход изомеризата, мас%	98	95–96	93–97	98	98

Таблица 1.3 – Сравнительная характеристика процессов на катализаторах

Показатели	<i>ИП – 62ВК</i>	<i>ИП – 82</i>	<i>НИП – 3А</i>	<i>СИП – 2А</i>	<i>СИ – 2</i> (марка Б)	<i>СИ – 2</i> марка В)	ХАЙ- ЗОПАР
Содержани е <i>Pt</i> , % масс	0,55	0,45 ± 0,03	0,25 – 0,3	0,3 – 0,4	0,3 ± 0,02	0,3 ± 0,02	0,35
Насыпная ρ , г/см ³	0,6 – 0,7	не более 0,80	0,75	0,65 – 0,75	не более 1,3	1,3 – 1,5	0,65 ± 0,05
Ø экструдато в, мм	2,6 – 3,0	2,8 ± 0,2	1,5 – 2,0	1,5 – 2,0	2,8 ± 0,3	2,8 ± 0,3	1,5
Индекс прочности средний, кг/мм, не менее	1,0	1,0 ± 0,2	1,0	1,0	1,3	1,2	> 2,0

1.4.1 Биметаллические катализаторы

Очень актуально в настоящее время применение биметаллических катализаторов. Они могут быть разделены на два класса: ненанесенные и нанесенные.

Основой нанесенных катализаторов, которые участвуют в изомеризационном процессе, очень большое применение получили оксиды алюминия, оксид циркония и цеолиты. Каждый из этих носителей имеет свойства и это нужно учитывать при выборе модификаторов. Основа катализатора, в содействии с модификатором, представляет собой активный катализатор, свойства которого могут изменяться в зависимости от подобранных компонентов. Но при этом, без модификаторов, в одиночку, носитель своих свойств не проявляет [5].

Перечень модификаторов, которые получили наибольшее распространение для катализаторов, участвующих в процессе, многообразен.

К ним относятся следующие модификаторы: медь, цинк, кадмий, индий, молибден, железо, марганец и прочие.

К биметаллическим катализаторам, работающим при высокой температуре (диапазон 360-340 °С) относятся платиновые катализаторы, нанесенные на фторированный оксид алюминия. На сегодняшний день в эту группу катализаторов относятся катализаторы ИП-82, а также катализатор ИП-62ВК.

Платиновые катализаторы, нанесенные на цеолит, относят к группе катализаторов, работающих при средних температурах (рабочий диапазон составляет 250-300 °С). Названия и характеристики марок катализаторов данной группы, которые выпускаются в настоящее время, указаны в таблице 1.4 [6,7]

Таблица 1.4 – Сравнение характеристик цеолитных катализаторов

Показатель	<i>HS – 10(UOP)</i>	<i>IP – 632 (Axens)</i>	<i>Hysopar (Sud Chemie)</i>	<i>СИ – 1 (НПП "Нефттехим")</i>
t, C^0	260 – 280	250 – 270	240 – 280	250 – 270
Объемная скорость, ч-1	2	1 – 2	2	2
$P, МПа$	1,5 – 3,0	1,5 – 3,0	3 – 3,2	2,5
Мольное соотношение $H_2 : CH$	4 : 1	(3 – 4) : 1	1,6 : 1	0,5 : 1
Примеси:				
– H_2O , ppm	50(200)	50(200)	≤ 200	≤ 200
– N , ppm	1	1	–	–
– S , ppm	50(100)	50(100)	100(200)	100(200)
– C_6H_6 , % масс.	5(15)	5(15)	–	–
– C_7+ , % масс.	2 – 3	2 – 3	–	–
ОЧИМ за проход	78 – 80	80	78 – 80	80
Выход изомеризата, % об.	97 – 98	97	98,1	99

Проанализировав данные таблицы, можем сделать вывод, что катализатор фирмы Sud Chemie с названием Nysopar, обладает наиболее прогрессивными характеристиками. У него выражена более высокая устойчивость к соединениям S, а также к каталитическим ядам, содержащимся в сырье, такими как H_2O , N. И, что немаловажно, даже в том случае если произойдет увеличение содержания этих примесей, активность катализатора может быть восстановлена. Продолжительность службы данных катализаторов может достигать 10 лет.

К катализаторам, температурный диапазон работы которых составляет от $120^{\circ}C$ до $210^{\circ}C$, относятся низкотемпературные сульфатированные и хлорированные биметаллические катализаторы.

Основой хлорированных катализаторов является платина, которая нанесена на $\eta-Al_2O_3$, промотивированный Cl. Эти катализаторы, как показала практика, наиболее активные, позволяют получить самые высокие октановые показатели. Диапазон их рабочих температур находится в пределах $110 - 180^{\circ}C$. Этот тип катализатора используется в процессе «Penex» (марка I-82, I-84), а также существуют современные отечественные катализаторы НИП-3А и ИП-05, относящиеся к этой же группе. [8].

Однако, эти катализаторы имеют ряд недостатков. Во-первых, для того чтобы обеспечивать работоспособность катализатора, необходимо обеспечить постоянное поступление хлорорганического соединения. К еще одному недостатку можно отнести чувствительность данного катализатора к примесям: сохранить активность катализатора на необходимом уровне можно только при строгом контроле за содержанием уровня серы ($<0,1$ ppm) и поддержании требуемого уровня жидкости. В случае несоблюдения одного из указанных требований активность вышеуказанного катализатора значительно снижается.

К биметаллическим катализаторам, работающим при низких температурах, относятся платиновые катализаторы, нанесенные на

сульфатированные оксиды металлов. Эти катализаторы обладают наибольшей устойчивостью к примесям, а также являются регенерируемыми и обладают очень высоким сроком службы (около 10 лет). В эту группу биметаллических катализаторов можно отнести следующие современные марки: LPI-100 фирмы UOP, а также СИ-2, СИ-4, выпущенные на отечественных промышленных предприятиях

В таблице 1.5 [8] представлены названия и основные характеристики катализаторов, которые являются самыми эффективными из применяемых в настоящее время.

Таблица 1.5 - Характеристики низкотемпературных биметаллических катализаторов

Показатель	I-82 (UOP)	ATIS-2L (Axens)	НИП-3А	PI-242 (UOP)	СИ-2 (НПП «Нефтех»	ИПК-2С (НПФ «Олкат»)
t, C^0	120 – 180	110 – 170	140 – 200	140 – 190	120 – 160	100 – 150
Объемная скорость, ч ⁻¹	1,5	2	1,5 – 2	2,5	2,5 – 3,5	2,0 – 3,0
$P, МПа$	3,0 – 4,0	2	2 – 4	3,2	2,5 – 2,8	3,0 – 4,0
Мольное соотношение $H_2 : CH$	(0,3 – 0,5) : 1	< 1	(0,1 – 3) : 1	2 : 1	(1,5 – 2,5) : 1	(0,5 – 1,5) : 1
Примеси:						
– H_2O , ppm	0,1	0,1	0,1	≤ 20	≤ 20	≤ 20
– N , ppm	0,1	0,1	0,1	1	1	1
– S , ppm	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5	0,1 – 0,5	1 – 5	1 – 5	1
– C_6H_6 , % масс.	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 10	≤ 10	≤ 10
– C_7+ , % масс.	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Межрегенерационный период	–	–	1 – 2	2 – 3	2 – 3	2
Срок службы	4	4	4 – 6	8 – 10	8 – 10	7 – 8
ОЧИМ за проход	83 – 86	84 – 85	До 84	81 – 83	82 – 84	До 84
Выход изомеризата, об. %	До 99	До 99	До 99	≥ 97	97 – 98	До 99

Из данных таблицы 1.5 можем сделать вывод, что хлорированные катализаторы обеспечивают выход продукта с более высоким октановым числом. Однако, они сильно проигрывают сульфатированным катализаторам по таким немаловажным показателям, как устойчивость к различным примесям, способность к регенерации на установке, а также по сроку службы. Единственным исключением является катализатор марки НИП-3А, произведенный НПФ «Олкат».

1.4.2 Активность и селективность катализатора

Важными характеристиками катализаторов являются активность и селективность. Разность скоростей химических реакций, которые происходят без катализатора и в присутствии его, называется активностью катализатора. Избирательность (селективность) – характеристика катализатора, которая заключается в том, что за счет катализатора происходит ускорение химического превращения реагента в сторону получения определенного продукта из ряда возможных.

Основным фактором, оказывающим влияние на селективность процесса и на степень превращения, является температура в зоне химической реакции [9]. Так как реакции изомеризации происходят при неизменном объеме и являются обратимыми, то на термодинамическое равновесие оказывает влияние только температура: чем она ниже, тем выше образование изомеризатов с высоким октановым числом, а также получение более разветвленных. Если производить дальнейшее увеличение температуры, то будет и повышаться активность катализатора, интенсивность реакций изомеризации будет увеличиваться, но при этом будет наблюдаться снижение равновесного содержания изопарафинов в продукте. Также еще

одним из побочных результатов увеличения температуры является увеличения образования отложений кокса на катализаторе.

1.5 Влияние основных параметров на процесс изомеризации

На процесс изомеризации оказывают значительно влияние многие физические и химические параметры, как и на любой процесс химического превращения. Рассмотрим влияние каждого из параметров на процесс изомеризации.

Влияние давления. Как известно, процесс изомеризации алкенов происходит при постоянном объеме. Как таковое, влияние давления на равновесие процесса не существенно. Но оно оказывает влияние на кинетику побочных и целевых реакций. При повышении давления равновесие реакции смещается влево. При этом наблюдается рост скорости реакции. О том, как влияет давление на процесс изомеризации при мольном соотношении H_2 : C_6H_{14} показывают данные таблицы 1.6 [10]

Таблица 1.6 – Влияние давления на процесс изомеризации

$P, \text{ МПа}$	0,63	2,2	2,2	4,9	4,9
$t, ^\circ C$	316	316	344	318	345
Селективность	0,82	0,98	0,9	0,91	0,93
Степень превращения, % мольн.	60,7	32	65,6	14,5	33,5
Выход изогексанов, % мольн.	49,8	31,3	59,2	13,1	31

Из данных таблицы можно сделать вывод, что повышение давления выше 4 МПа неэффективно.

Влияние температуры. Как уже упоминалось выше, температура является основным параметром, который оказывает большое влияние на скорость реакции. При этом увеличении температуры целесообразно производить до определенного значения, при котором скорость реакции изомеризации возрастает до предела, при котором возникает равновесие. Дальнейшее же повышение температуры нецелесообразно, так как это только усиливает образование алканов с низкомолекулярным строением, что является побочными реакциями. Еще одной причиной нецелесообразности увеличения температуры является образование на поверхности катализаторов процесса изомеризации закоксовывающих веществ, что крайне нежелательно. Снижение выхода изомеров также является ограничивающим фактором повышения значения температуры.

Объёмная скорость подачи сырья непосредственно связана с температурой процесса. Для того чтобы увеличить скорость подачи сырья в дозе, необходимо произвести увеличение температуры на 8-11 °С. Влияние на скорость процесса изомеризации температуры и объёмной скорости подачи сырья являются противоположными друг другу [11].

Время реакции оказывает влияние на степень изомеризации, однако при этом изменение селективности практически не происходит. Это можно объяснить тем, что скорость побочных реакций очень низкая. Подбор технологических параметров, селективности и стабильности катализаторов, которые находятся в наиболее оптимальной области можно произвести с использованием моделирующих систем, разработанных на компьютере [6].

1.6 Подходы к моделированию процесса изомеризации прямогонных бензиновых фракций

Математическое моделирование процессов изомеризации является важнейшим направлением в совершенствовании технологий. Моделирование, как системный подход, представляет из себя сложный комплекс математических уравнений. Основными стадиями при построении физико-химических процессов являются следующие:

- сбор и анализ данных с промышленных установок, полученных в ходе многочисленных экспериментов;
- изучение механизмов реакции, происходящих на поверхности катализаторов;
- формирование списка реакций, протекающих в рамках процесса;
- термодинамическая вероятность протекания реакций, из сформированного ранее перечня;
- выбор и обоснование уровня детализации схемы превращений углеводородов и гидродинамической модели реактора;
- формирование требуемых для моделирования систем уравнений материального и теплового балансов;
- оценка кинетических параметров модели с использованием экспериментальных данных;
- проверка полученной математической модели на адекватность.

Для построения модели осуществляется с применением компьютера, что позволяет значительно облегчить проведение сложных математических расчетов.

1.6.1 Кинетические модели

В качестве примера математической модели можно рассмотреть процесс изомеризации пентан-гексановой фракции. На первоначальном этапе описания математической модели осуществляется составления схемы реакций углеводородов, которые происходят в ходе процесса изомеризации. Степень детализации химических превращений оказывает непосредственное

влияние на адекватность составляемой математической модели, а также на степень точности расчетов. В таблице 1.7 представлены кинетические уравнения, которые соответствуют уравнениям реакций, протекающим в ходе процесса [12].

Таблица 1.7 – Кинетические уравнения процесса каталитической изомеризации

Реакция	Кинетические уравнения
$n-C_5H_{12} \leftrightarrow \text{изо}-C_5H_{12}$	$W_1 = k_1 \cdot x_1 - k_2 \cdot x_2$
$n-C_6H_{14} \leftrightarrow 2-МП$	$W_2 = k_3 \cdot x_3 - k_4 \cdot x_4$
$n-C_6H_{14} \leftrightarrow 3-МП$	$W_3 = k_5 \cdot x_3 - k_6 \cdot x_5$
$n-C_6H_{14} \leftrightarrow 2,2-ДМБ$	$W_4 = k_7 \cdot x_3 - k_8 \cdot x_6$
$n-C_6H_{14} \leftrightarrow 2,3-ДМБ$	$W_5 = k_9 \cdot x_3 - k_{10} \cdot x_7$
$2-МП \leftrightarrow 3-МП$	$W_6 = k_{11} \cdot x_4 - k_{12} \cdot x_5$
$2,2-ДМБ \leftrightarrow 2,3-ДМБ$	$W_7 = k_{12} \cdot x_6 - k_{14} \cdot x_7$
$БЗ + H_2 \leftrightarrow ЦГ$	$W_8 = k_{15} \cdot x_8 \cdot x_9^3 - k_{16} \cdot x_{10}$
$БЗ + H_2 \leftrightarrow МЦП$	$W_9 = k_{15} \cdot x_8 \cdot x_9^3 - k_{19} \cdot x_{11}$
$ЦГ \leftrightarrow МЦП$	$W_{10} = k_{19} \cdot x_{10} - k_{20} \cdot x_{11}$
$n-C_6H_{14} \leftrightarrow ЦГ + H_2$	$W_{11} = k_{21} \cdot x_3 - k_{22} \cdot x_{10} \cdot x_9$
$2-МП \leftrightarrow МЦП + H_2$	$W_{12} = k_{22} \cdot x_4 - k_{23} \cdot x_{11} \cdot x_9$
$3-МЦП \leftrightarrow МЦП + H_2$	$W_{13} = k_{25} \cdot x_5 - k_{26} \cdot x_{11} \cdot x_9$
$2,2-ДМБ \leftrightarrow МЦП + H_2$	$W_{14} = k_{27} \cdot x_6 - k_{28} \cdot x_{11} \cdot x_9$
$2,3-ДМБ \leftrightarrow МЦП + H_2$	$W_{15} = k_{29} \cdot x_7 - k_{30} \cdot x_{11} \cdot x_9$
$МЦП + H_2 \leftrightarrow 3-МП$	$W_{16} = k_{31} \cdot x_{11} \cdot x_9$
$n-C_5H_{12} + H_2 \leftrightarrow C_3H_8 + C_2H_6$	$W_{17} = k_{32} \cdot x_1 \cdot x_9$
$n-C_5H_{12} + H_2 \leftrightarrow n-C_4H_{10} + CH_4$	$W_{18} = k_{33} \cdot x_1 \cdot x_9$
$n-C_6H_{14} + H_2 \leftrightarrow 2C_3H_8$	$W_{19} = k_{34} \cdot x_9$
$n-C_6H_{14} + H_2 \leftrightarrow n-C_4H_{10} + C_2H_6$	$W_{20} = k_{35} \cdot x_3 \cdot x_9$
$n-C_6H_{14} + H_2 \leftrightarrow n-C_5H_{12} + CH_4$	$W_{21} = k_{36} \cdot x_3 \cdot x_9$
$n-C_6H_{14} + H_2 \leftrightarrow \text{изо}-C_5H_{12} + CH_4$	$W_{22} = k_{37} \cdot x_3 \cdot x_9$
$2-МП + H_2 \leftrightarrow i-C_4H_{10} + C_2H_6$	$W_{23} = k_{38} \cdot x_4 \cdot x_9$
$3-МП + H_2 \leftrightarrow i-C_5H_{12} + C_2H_6$	$W_{24} = k_{39} \cdot x_5 \cdot x_9$
$2,3-ДМБ + H_2 \leftrightarrow i-C_4H_{10} + C_2H_6$	$W_{25} = k_{40} \cdot x_7 \cdot x_9$
$2,3-ДМБ + H_2 \leftrightarrow i-C_5H_{12} + CH_4$	$W_{26} = k_{41} \cdot x_7 \cdot x_9$
$i-C_5H_{12} + H_2 \leftrightarrow i-C_4H_{10} + CH_4$	$W_{27} = k_{42} \cdot x_2 \cdot x_9$
$2,3-ДМБ + H_2 \leftrightarrow i-C_4H_{10} + C_2H_6$	$W_{28} = k_{43} \cdot x_6 \cdot x_9$
$2,2-ДМБ + H_2 \leftrightarrow i-C_5H_{12} + CH_4$	$W_{29} = k_{44} \cdot x_6 \cdot x_9$

Обозначения: x_i – концентрации компонентов в мольных долях, x_1 – n -пентан, x_2 – изопентан, x_3 – n -гексан, x_4 – 2-МП, x_5 – 3-МП, x_6 – 2,2-ДМБ,

x_7 – 2,3-ДМБ, x_8 – бензол, x_9 – водород, x_{10} – ЦГ, x_{11} – МЦП, x_{12} – пропан, x_{13} – этан, x_{14} – *n*-бутан, x_{15} – метан, x_{16} – изобутан, k_i – кинетическая константа скорости j -ой реакции, л·моль⁻¹·ч⁻¹ ($j = 8, 9, 11-29$), ч⁻¹ ($j = 1-7, 10$), W_j – скорость j -ой реакции, моль/(л·ч).

Скорости реакций, которые входят в кинетическую модель, были записаны согласно закону действующих масс. Математическая модель процесса отображается в конечном итоге в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений [12].

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dx_1}{dt} = -W_1 - W_{17} - W_{18} + W_{21} \\ \frac{dx_2}{dt} = W_1 + W_{22} + W_{23} + W_{24} + W_{26} - W_{27} + W_{29} \\ \frac{dx_3}{dt} = -W_2 - W_3 - W_4 - W_5 - W_{11} - W_{19} - W_{20} - W_{21} - W_{22} \\ \frac{dx_4}{dt} = W_2 - W_6 - W_{12} - W_{23} \\ \frac{dx_5}{dt} = W_3 + W_6 - W_{13} + W_{16} - W_{24} \\ \frac{dx_6}{dt} = W_4 - W_7 - W_{14} - W_{28} - W_{29} \\ \frac{dx_7}{dt} = W_5 + W_7 - W_{15} - W_{25} - W_{26} \\ \frac{dx_7}{dt} = -W_8 - W_9 \\ \frac{dx_9}{dt} = -3W_8 - 3W_9 + W_{11} + W_{12} + W_{13} + W_{14} + W_{15} - W_{16} - W_{17} - W_{18} - W_{19} - W_{20} - \\ - W_{21} - W_{22} - W_{23} - W_{24} - W_{25} - W_{26} - W_{27} - W_{28} - W_{29} \\ \frac{dx_{10}}{dt} = W_8 - W_{10} + W_{11} \\ \frac{dx_{11}}{dt} = W_9 + W_{10} + W_{12} + W_{13} + W_{14} + W_{15} - W_{16} \\ \frac{dx_{12}}{dt} = W_{17} + 2W_{19} \\ \frac{dx_{13}}{dt} = W_{17} + W_{25} + W_{27} + W_{28} \\ \frac{dx_{14}}{dt} = W_{18} \\ \frac{dx_{15}}{dt} = W_{18} + W_{21} + W_{22} + W_{23} + W_{24} + W_{26} + W_{29} \\ \frac{dx_{16}}{dt} = W_{25} + W_{27} + W_{28} \end{array} \right.$$

То есть, размерность системы уравнений математической модели совпадает с количеством веществ, концентрация которых определяется в расчетах. Осуществление создания адекватной кинетической модели, которое проводится на основе механизма реакции, является важнейшим этапом в формировании математической модели. Основной целью математической модели является возможность производить прогнозируемые расчеты, производить подбор оптимальных условий процесса изомеризации.

1.7 Классификация технологий изомеризации прямогонных бензиновых фракций

Процесс изомеризации разделяется на следующие схемы в зависимости от аппаратного оформления и применяемых технологий:

1. Схемы без рециркуляции непрореагировавших углеводородов («за проход»)

- без блока выделения изопентановой фракции из сырья;
- с блоком выделения изопентановой фракции из сырья;

2. Схемы с повторным включением непрореагировавших углеводородов в процесс (с рециркуляцией)

- фракции n-гексана;
- фракции n-пентана;
- фракций n-пентана и n-гексана.

3. Схемы с адсорбционным выделением n-пентана и n-гексана

- с разделением сырьевого потока;
- с разделением продуктового потока.

Схема изомеризации «за проход» является наиболее выгодной с точки зрения экономических показателей. При данной схеме значение октанового числа изомеризата составляет 82-84. Принцип этой схемы заключается в том, что непрореагировавшие углеводороды не возвращаются повторно на стадию изомеризации, а выводятся из процесса. Схема представлена на рисунке 1.1.

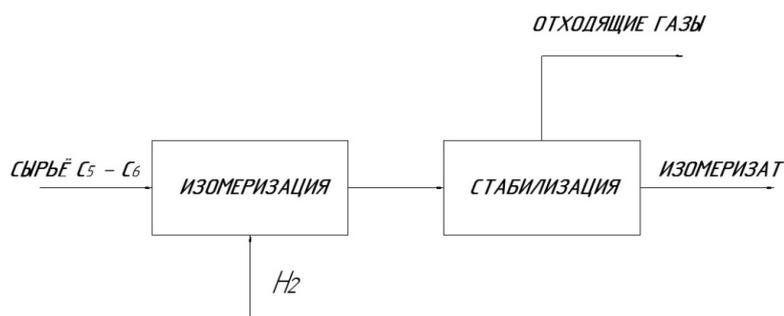


Рисунок 1.1 – Схема «за проход»

Существует схема, включающая в себя колонну деизопентанизации (ДИП) (рисунок 1.2). Данная схема дает выход изомеризата с октановым числом 82-86. Она включается в схему перед реакторным блоком. Это позволяет снизить нагрузку на реактор. Вторым достоинством данной схемы является увеличение степени конверсии *n*-пентанов. Основным преимуществом данной схемы является получение больших значения октановых чисел изомеризата. Однако применение данной технологии целесообразно лишь при содержании в сырье более 13-15 % изопентанов.

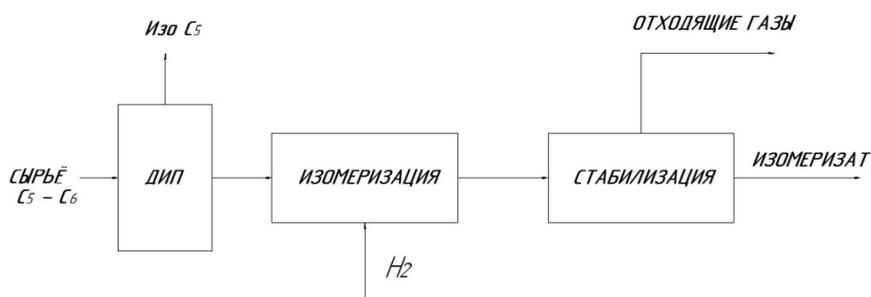


Рисунок 1.2 – Процесс с ДИП

Получение изомеризата с высоким октановым числом 87-88 можно добиться путем включения в схему колонны деизогексанизации (ДИГ)(рисунок 1.3). Колонна ДИГ включается в схему после реактора, в ней происходит отделение непрореагировавших низкооктановых компонентов. Отделенные углеводороды возвращаются в цикл на стадию изомеризации. Однако в колонне ДИГ отделяется в основном только гексановая фракция. Следовательно, включение данной колонны в технологическую схему позволяет увеличить только конверсию гексанов.

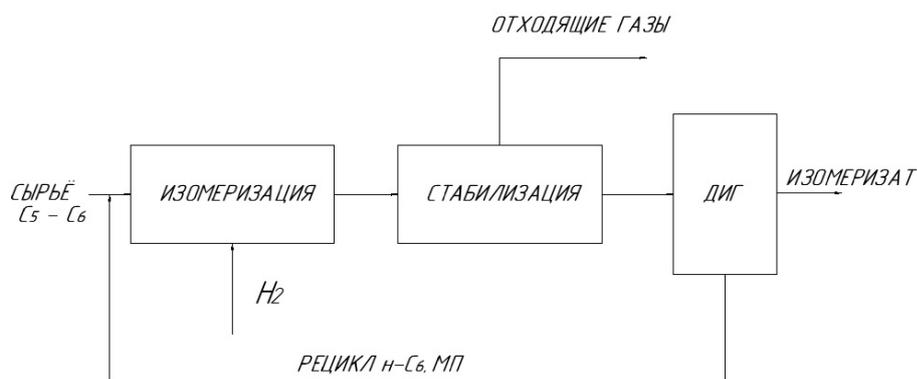


Рисунок 1.3 –Схема процесса с ДИГ

В промышленности применяются схемы, включающие в себя колонны депентанизации (ДП) и ДИП. При этом колонна ДИП устанавливается после реактора, а колонна ДП – после. В данной схеме осуществляется рецикл n-пентана. Октановое число по такой схеме достигает 86-88 п.

Существуют схемы, в которых осуществляется рецикл как n-пентана, так и n-гексана. Такие схемы включают в себя все три колонны: ДП, ДИП и ДИГ. Кроме включения колонн, более полную изомеризацию бензиновой фракции можно осуществить с помощью адсорбции на молекулярных ситах. При такой схеме проведения процесса изомеризации октановое число составляет 89-90

Также технологии изомеризации классифицируют по температурному режиму. Различные виды катализаторов эффективно могут работать при конкретном температурном режиме. Классифицировать по этому параметру технологии изомеризации, т.е. в зависимости от интервала применяемых температурных режимов, можно следующим образом:

- низкотемпературная изомеризация (интервал 100-200 °С);
- среднетемпературная изомеризация (интервал 230-300 °С);
- высокотемпературная изомеризация (интервал 360-420 °С).

Повышение октанового числа можно добиться низкотемпературной изомеризацией, но при проведение данного процесса к исходному сырью предъявляются очень высокие требования. Среднетемпературная

изомеризация характеризуется рядом преимуществ, таких как: отсутствием вредных выбросов в атмосферу и сточные воды, а также сравнительной простотой технологического процесса.

В настоящее время процессы изомеризации представлены процессами TIR, Penex, Par-Isom (UOP), а также отечественным процессом Изомалк-2.

Технология Изомалк-2 предназначена для изомеризации легких бензиновых фракций [13]. Осуществление процесса по данной технологии производится с применением катализатора СИ-2, основой которого является двуокись циркония.

При проведении изомеризации по технологии «Изомалк-2» по схеме «за проход» можно получить продукт с октановым числом 82-84 пунктов, при этом выход масс. будет иметь значение в пределах 98 %. Блок-схема процесса без рецикла («за проход») изображена на рисунке 1.4.

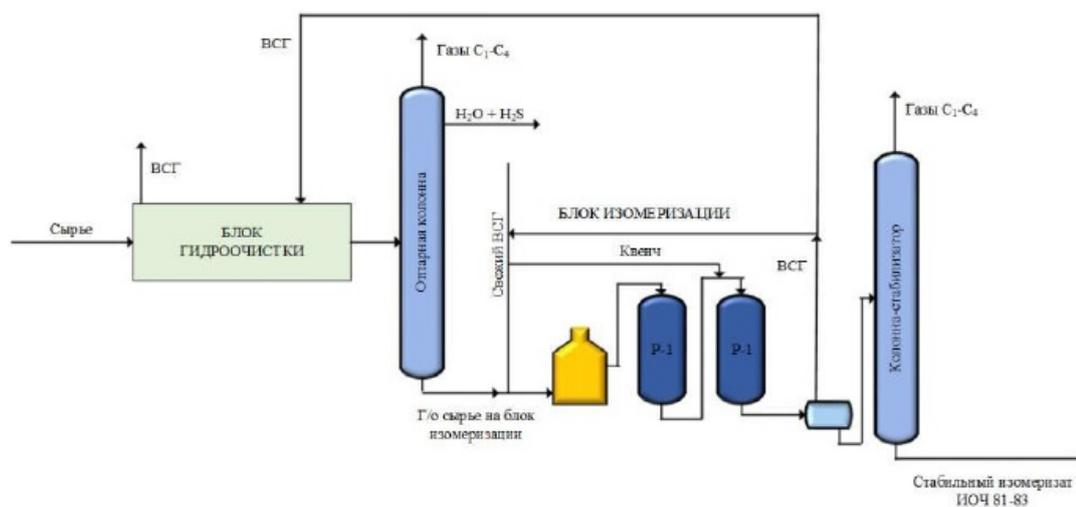


Рисунок 1.4 - Принципиальная схема процесса «Изомалк-2» за проход

Установка «Изомалк-2» с рециклом малоразветвленных гексанов (рисунок 1.5), отличающаяся от схемы без рецикла включением в схему дополнительной колонны деизогексанизатора (ДИГ), позволяет получить изокомпоненты с ИОЧ 87-88 пунктов.

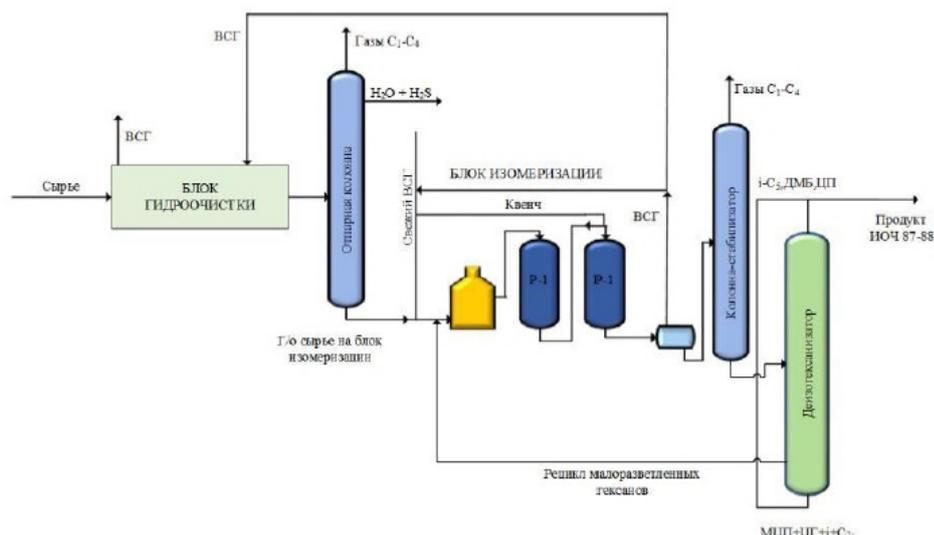


Рисунок 1.5 - Принципиальная схема процесса «Изомалк-2» с рециклом малоразветвленных гексанов

Установка изомеризации «Изомалк-2» с рециклом пентана (рисунок 1.6) применяется для переработки сырья с содержанием пентанов 50-70%. Позволяет увеличить октановое число до 86-88 пунктов за счет рецикла п-пентана. При этом схеме выход изокомпонента составляет не менее 98 % масс.

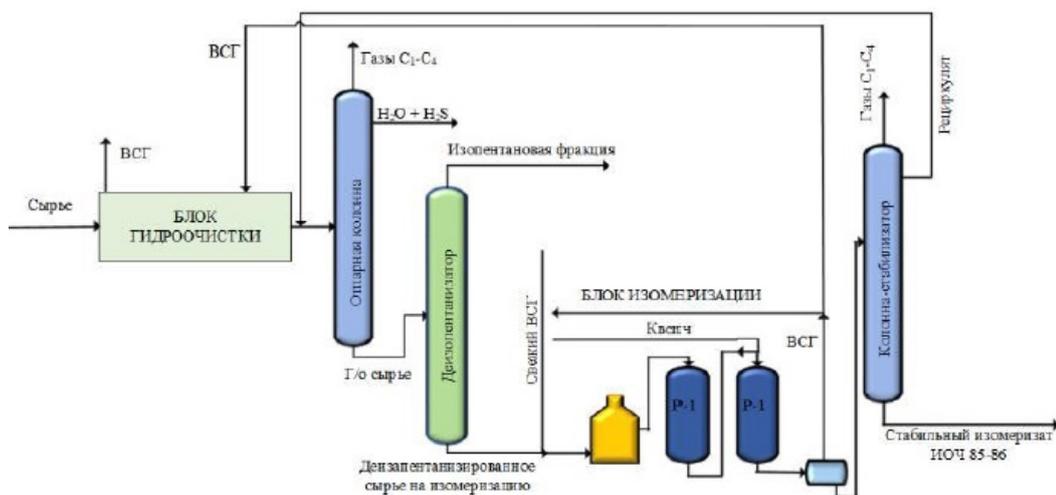


Рисунок 1.6 - Принципиальная схема процесса «Изомалк-2» с рециклом пентана

Увеличение октанового числа до 91-92 пунктов может быть достигнута при использовании схемы с рециклом п-пентана и гексана, а также предварительной деизопентанизацией сырья (рисунок 1.7).

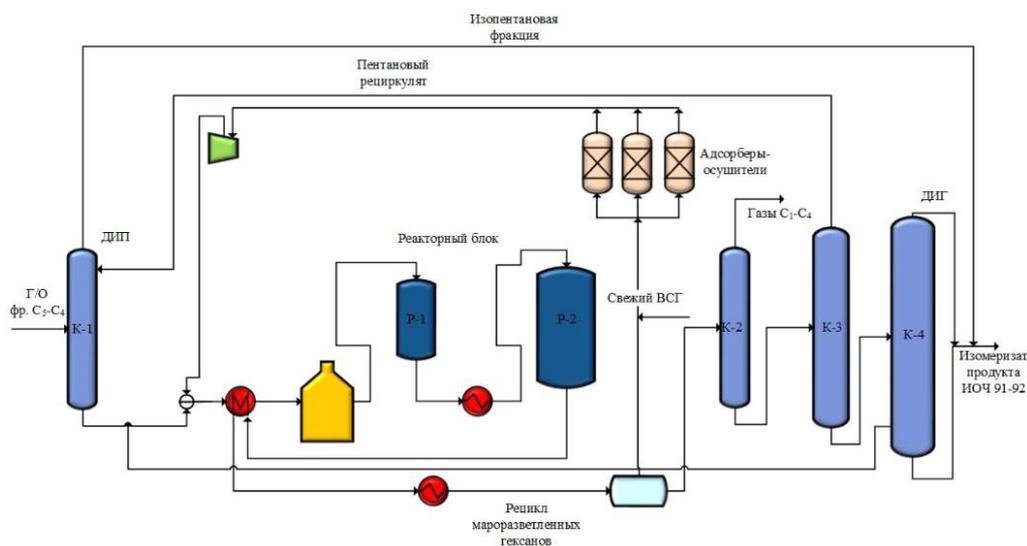


Рисунок 1.7 - Принципиальная схема процесса «Изомалк-2» с рециклом n-пентана и малоразветвленных гексанов

При включении в схему с рециклом малоразветвленных гексанов колонны деизопентанизации (ДИП) сырья позволяет значительно снизить нагрузку на реакторный блок, а также повысить глубину изомеризации пентана. При этом получаемое октановое число изокомпонента будет составлять 89-90 пунктов. Блок-схема изображена на рисунке 1.8.

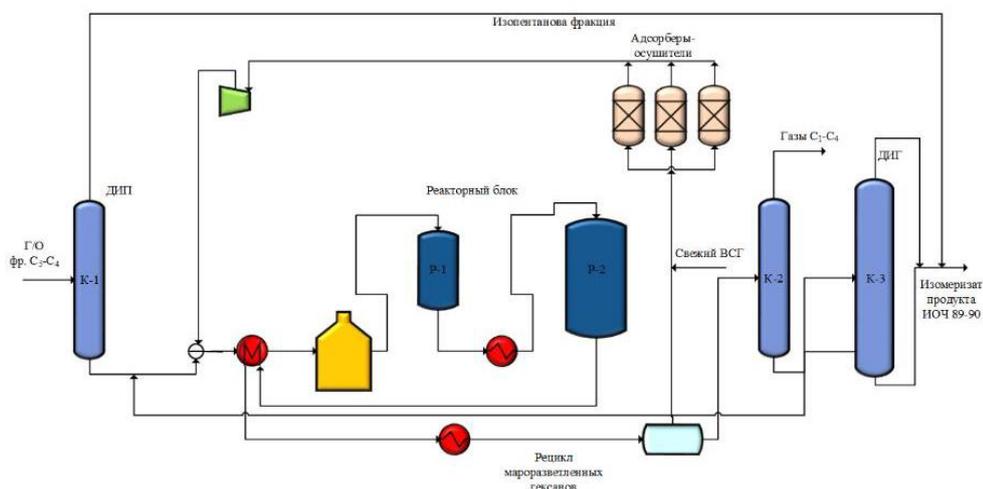


Рисунок 1.8 - Принципиальная схема процесса «Изомалк-2» с ДИП сырья и ДИГ

В процессе «Renex» в качестве катализатора используются хлорированные алюмооксидные катализаторы I-82/84 (UOP), которые обеспечивают протекание процесса при $t = 100 \div 150^{\circ}C$. Наиболее простой схемой изомеризации по технологии «Renex» является схема однократного

пропуска углеводородного сырья через реакторы (установка «за проход»), представленная на рисунке 1.9.

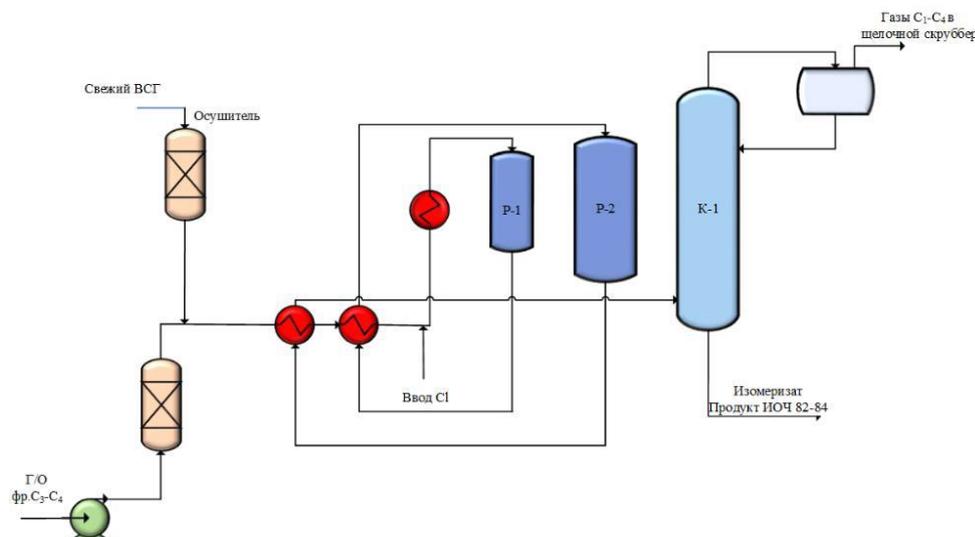


Рисунок 1.9 - Принципиальная схема процесса «Penex» «за проход»

Термодинамическое равновесие позволяет получать продукт с ОЧИМ не более 82–84 пунктов.

В таблице 1.8 представлены характеристики сырья и продукции однопроходной установки «Penex» [14].

Таблица 1.8 - Характеристика сырья и продукции установки «Penex»

Компоненты и ОЧИМ смеси	Сырье, % об.	Продукт, % об.
$i - C_5$	10,3	26,9
$n - C_5$	24,8	8,4
$i - C_6$	23,2	47,8
$n - C_6$	25,6	5,7
Циклические	5,6	11,2
Бензол	10,5	0
ОЧИМ смеси	69	83

В таблице 1.9 приведена сравнительная характеристика технологий, разработанных компаниями UOP Limited, SHELL, British Petroleum, Axens и ОАО НПП «Нефтехим» [15].

Таблица 1.9 - Сравнительная характеристика технологий
изомеризации

Показатели	фирма						
	UOP			SHELL	BP	Axens	НПП «Нефтехим»
Процесс	Пенекс	TIP	Супер ДИГ	Кайзомер	LSOM	Axens	Изомалк-2
ИОЧ изомерата	84	90	90,5-90	84	84	88,9	90,5-92
Выход суммарного изомерата, % масс.	98	98	98	96,5	97	97,1	98
Тип катализатора	I-84	I-82	I-82	Hysopar	HS-10	ATIS-2L	СИ-2
Параметры работы блока изомеризации							
Давление процесса, МПа	3,0-4,0	1,4-3,5	3,0-3,5	1,4-3,5	2,0-3,0	3,0-3,5	2,5-3,5
Кратность циркуляции, нм3 /м3 сырья·ч	на проток	на проток	на проток	на проток	на проток	на проток	550-550
Температура на входе в реактор, °С	120-180	260-370	130- 160	260-370	90-100	130-160	130-160
Подача хлорорганики	требуе тся	не требуе тся	требуе тся	не требуется	требуется	требуе тся	не требуется
Осушка сырья	требуе тся	не требуе тся	требуе тся	не требуется	требуется	требуе тся	не требуется
ОСПС, ч-1	1,5	1,0-3,0	1,5-2,0	1,0-3,0	1,0-3,0	1,5-2,0	2,0-4,0
Мольное соотношение H ₂ :сырье	0,3-0,5	4	0,5-1,5	0,5	0,5-1,0	0,5-1,5	1,5-2,5
Устойчивость катализатора к сере, азоту, воде	неустой чив	устойчи в	неустой чив	устойчив	неустойчи в	неустой чив	устойчив
Регенерируем ость катализатора	-	+	-	+	-	-	+

4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

В настоящей работе рассматривается Прогнозирование промышленного процесса изомеризации лёгких бензиновых фракций.

Обоснование целесообразности проведения исследовательских работ является целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение».

Для промысла предлагается провести анализ работы установки разделения водонефтяных эмульсий при изменении различных факторов.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Целью данного раздела выпускной квалификационной работы является экономическое планирование и оценка ресурсоэффективности прогнозирования промышленного процесса изомеризации лёгких бензиновых фракций с помощью математического моделирования.

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

4.1.1 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают

в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим конкурентам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

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

Таблица 4.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений проекта

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

Б_ф – Исследование процессов изомеризации прямогонных бензиновых фракций по предлагаемой схеме;

Б_{к1}– Исследование процессов изомеризации прямогонных бензиновых фракций с концом кипения 62 °С;

Б_{к2} – Исследование процессов изомеризации прямогонных бензиновых фракций с концом кипения 85 °С;

Рассматриваемые в проекте решения имеют наиболее высокий коэффициент конкурентоспособности в сравнении с конкурентами.

4.1.2 SWOT-анализ

Одной из методик анализа сильных и слабых сторон рассматриваемого комплекса мер, его внешних благоприятных возможностей и угроз является SWOT-анализ (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Матрица SWOT-анализа

Сильные стороны	Слабые стороны
С1. Высококвалифицированный персонал	Сл1. Зависимость от иностранных поставщиков услуг ремонтного обслуживания
С2. Наличие необходимого оборудования.	
Возможности	Угрозы
В1. Применение современных технологий и оборудования	У1. Штрафы за нарушение экологического законодательства
В2. Применение современных методов	У2. Устаревание технологий и оборудования

На втором этапе на основании матрицы SWOT строятся интерактивные матрицы возможностей и угроз, позволяющие оценить эффективность проекта, а также надежность его реализации. Соотношения параметров представлены в таблицах 4.3–4.6.

Таблица 4.3 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и сильные стороны»

		Сильные стороны проекта	
Возможности проекта		С1	С2
	В1	+	+
	В2	+	-

Таблица 4.4 – Интерактивная матрица проекта «Возможности проекта и слабые стороны»

		Слабые стороны проекта	
Возможности проекта		Сл1	
	В1	+	
	В2	-	

Таблица 4.5 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и сильные стороны»

		Сильные стороны проекта	
Угрозы проекта		С1	С2
	У1	+	+
	У2	-	+

Таблица 4.6 – Интерактивная матрица проекта «Угрозы проекта и слабые стороны»

		Слабые стороны проекта	
Угрозы проекта		Сл1	
	У1	-	
	У2	+	

Результаты анализа представлены в итоговую таблицу 4.7.

Таблица 4.7 – Swot-анализ исследования процессов изомеризации прямогонных бензиновых фракций

	Возможности	Угрозы
	1. Применение современных технологий и оборудования 2. Применение современных методов	1. Штрафы за нарушение экологического законодательства 2. Устаревание технологий и оборудования
Сильные стороны 1. Высококвалифицированный персонал 2. Наличие необходимого оборудования.	1. Проведение исследования со всеми необходимыми параметрами 2. Проведение исследования на современном оборудовании высококвалифицированным персоналом	1. Строгое следование всем правилам и экологическим нормам 2. Регулярное проведение модернизации
Слабые стороны 1. Зависимость от иностранных поставщиков услуг ремонтного обслуживания	1. Переход на услуги отечественных сервисных компаний	1. Строгое следование всем правилам и экологическим нормам

Анализируя таблицу SWOT-анализа можем сказать, что предлагаемый комплекс мероприятий имеет достаточно сильных сторон и возможностей.

Основной слабой стороной является зависимость от иностранных сервисных компаний, которые предоставляют услуги по ремонту и модернизации оборудования.

При этом стоит говорить о необходимости постоянной модернизации технологий и оборудования. Кроме того, важной задачей является соблюдение экологического законодательства.

4.2 Планирование научно – исследовательских работ

4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

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

Составим перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведем распределение исполнителей по видам работ. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Инженер
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Инженер
	6	Построение и проведение экспериментов (расчетов)	Руководитель, Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Инженер
Обобщение и оценка результатов	8	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель
	9	Окончательное обобщение результатов	Инженер, руководитель

Продолжение таблицы 4.8

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность Исполнителя
<i>Проведение ОКР</i>			
Разработка технической документации и проектирование	10	Сбор информации по охране труда	Инженер
	11	Оформление результатов по охране труда	Инженер
	12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Инженер
	13	Оформление экономической части работы	Инженер
Оформление отчета по НИР	14	Составление пояснительной записки	Инженер, руководитель

4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

Трудоемкость выполнения проекта оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (4.1)$$

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

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая

параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб.дн.; $t_{ожi}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.; $Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – 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			
	Исп.1(р)	Исп.2(и)	Исп.1(р)	Исп.2(и)	Исп.1(р)	Исп.2(и)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Составление и утверждение технического задания	1	-	1	-	1	-	1	1
Подбор и изучение материалов по теме	-	2	-	2	-	2	2	2
Выбор направления исследований	1	2	1	5	1	3	2	5
Календарное планирование работ по теме	1	4	1	10	1	7	4	8
Проведение теоретических исследований, изучение литературы	-	3	-	8	-	6	6	7

Окончание таблицы 4.9

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		$t_{ожг}$, чел-дни			
	Исп.1(р)	Исп.2(и)	Исп.1(р)	Исп.2(и)	Исп.1(р)	Исп.2(и)		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Построение и проведение экспериментов (расчетов)	1	3	1	5	1	4	2,5	5
Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	-	3	-	5	-	4	4	4
Оценка эффективности полученных результатов	6	-	6	-	6	-	6	7
Окончательное обобщение результатов	10	3	12	5	11	4	7,5	13
Сбор информации по охране труда	-	3	-	5	-	4	4	5
Оформление результатов по охране труда	-	3	-	5	-	4	4	5
Подбор данных для выполнения экономической части работы	-	2	-	4	-	3	3	3
Оформление экономической части работы	-	2	-	4	-	3	3	5
Составление пояснительной записки	1	9	1	14	1	12	6,5	13
Итого	21	39	23	72	22	56	56	83

Календарный план-график проведения исследования представлен на рисунке 4.1.

№ этапа	Вид работ	Исп.	Месяцы и дни											
			Март			Апрель			Май					
			1	2	3	1	2	3	1	2				
1	Составление и утверждение технического задания	Исп. 1												
2	Подбор и изучение материалов по теме	Исп. 2	■											
3	Выбор направления исследований	Исп. 1	■											
		Исп. 2		■										
4	Календарное планирование работ по теме	Исп. 1		■										
		Исп. 2			■									
5	Проведение теоретических исследований, изучение литературы	Исп. 2			■									
6	Построение и проведение экспериментов (расчетов)	Исп. 1				■								
		Исп. 2					■							
7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими данными	Исп. 2					■							
8	Оценка эффективности полученных результатов	Исп. 1						■						
9	Окончательное обобщение результатов	Исп. 1							■					
		Исп. 2								■				
10	Сбор информации по охране труда	Исп. 2								■				
11	Оформление результатов по охране труда	Исп. 2									■			
12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Исп. 2										■		
13	Оформление экономической части работы	Исп. 2											■	
14	Составление пояснительной записки	Исп. 1												■
		Исп. 2												
	Исп. 1 (Руководитель)		■											
	Исп. 2 (Инженер)		■											

Рисунок 4.1 – Календарный план-график проведения НИОКР

4.3 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

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

- материальные затраты;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

В процессе формирования бюджета, планируемые затраты группируются по статьям, представленным в таблице.

4.3.1 Расчет материальных затрат НТИ

Материальные затраты для НТИ сводятся к затратам на канцелярию, которые учитываются в накладных расходах. Расчет представлен в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Материальные затраты

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во, ед.	Сумма, руб.
Комплекс канцелярских принадлежностей	740	2	1 480
Картридж для лазерного принтера	4 990	1	4 990
Итого:			6 470

Цены приняты на основании прайс-листа поставщика материалов:
<https://papyrus-tomsk.ru>, <https://mvideo.ru>.

4.3.2 Затраты на оборудование

Все расчеты по приобретению спецоборудования, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в таблице 4.11

Таблица 4.11 – Расчет затрат на оборудование для научных работ

Наименование оборудования	Кол-во	Стоимость с НДС, руб.
Персональный компьютер	1	51480

Рассчитаем амортизацию оборудования

Используется формула

$$C_{AM} = \frac{N_A * C_{OB} * t_{pf}}{365}, \quad (4.4)$$

где N_A – годовая норма амортизации единицы оборудования (0,4);

C_{OB} – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

t_{pf} – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, дни.

Время использования оборудования составило 83 дня, тогда амортизация:

$$C_{AM(ПК)} = \frac{0,4 * 51480 * 83}{365} = 4682,56 \text{ руб.}$$

4.3.3 Расчет основной и дополнительной заработной платы

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

Расчет эффективного рабочего времени одного исполнителя сведен в табл. 4.12

Таблица 4.12 – Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Исполнитель
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни/праздничные дни	66	66
Номинальный фонд рабочего времени		
Потери рабочего времени - отпуск/невыходы по болезни	56	52
Эффективный фонд рабочего времени	243	247

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

$$C_{зп} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.5)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата; $Z_{доп}$ – дополнительная заработная плата.

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (4.6)$$

где $Z_{осн}$ – основная заработная плата одного работника; T_p – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.; $Z_{дн}$ – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (4.7)$$

где 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.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_б \cdot (k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (4.8)$$

где $Z_б$ – базовый оклад, руб.; $k_{пр}$ – премиальный коэффициент, (определяется Положением об оплате труда); $k_д$ – коэффициент доплат и надбавок; $k_р$ – районный коэффициент, равный 1,3 (для Томска).

$$Z_{зн} = Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (4.9)$$

где $Z_{осн}$ - основная заработная плата; $Z_{доп}$ - дополнительная заработная плата (12-20% от $Z_{осн}$)

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

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

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_{раб}, \quad (4.10)$$

где $Z_{осн}$ –основная заработная плата одного работника; $T_р$ – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а так же выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций.

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$Z_{доп} = k_{доп} \cdot Z_{осн}, \quad (4.11)$$

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

Таблица 4.13 – Расчёт основной и дополнительной заработной платы

Исполнители	$Z_б$, руб.	$k_р$	$Z_м$,руб	$Z_{дн}$, руб.	$T_р$, раб. дн.	$Z_{осн}$, руб.	$Z_{доп}$
Руководитель	33162,90	1,30	43111,77	1959,63	22	43111,77	6466,77
Инженер	21000,00	1,30	27300,00	1050,00	56	58800,00	8820,00

Рассчитываем отчисления на социальные нужды (30,2%):

$$Q_{\text{соц.н.}} = 0,302 * \text{ЗП, руб.}, \quad (4.12)$$

Таблица 4.14 – Заработанная плата одного исполнителя НИР

	Заработная плата	Социальные отчисления
Руководитель	49578,54	14972,72
Исполнитель	67620,00	20421,24
ИТОГО	117198,54	35393,96

4.3.4 Накладные расходы

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

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (4.12)$$

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

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

Расчет представлен в таблице 4.10.

4.3.5 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

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

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в табл. 4.15.

Таблица 4.15 - Расчет бюджета затрат НИИ

Наименование статьи	Сумма, руб.		
	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	2	3	4
1. Амортизационные отчисления*	4682,56	5077,48	4513,32
2. Материальные затраты НИР	6470,00	6470,00	6470,00
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	101911,77	101911,77	101911,77
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	15286,77	15286,77	15286,77
5. Отчисления во внебюджетные фонды	35393,96	35393,96	35393,96
6. Накладные расходы (16% от 1+2+3+4)	26199,21	26262,40	26172,13
7. Бюджет затрат НТИ	189944,26	190402,37	189747,94

*Для Исп 2 и Исп 3 срок работы оборудования составляет 90 и 80 дней соответственно

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

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

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.13)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки; Φ_{ri} – стоимость i -го варианта исполнения; Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.1}} = \frac{189944,26}{190402,37} = 0,9976$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{190402,37}{190402,37} = 1$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.3}} = \frac{189747,94}{190402,37} = 0,9966$$

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

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

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (4.14)$$

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.

Таблица 4.16 - Сравнительная эффективность вариантов исполнения разработки

№ п/п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,9976	1	0,9966
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,45	4,05	3,9
3	Интегральный показатель эффективности	4,45	4,13	4,06
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,93	0,91

В результате выполнения изначально сформулированных целей раздела, можно сделать следующие выводы:

Результатом проведенного анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации проекта, как наиболее предпочтительного и рационального, по сравнению с остальными;

При проведении планирования был разработан план-график выполнения этапов работ для руководителя и инженера, позволяющий оценить и спланировать рабочее время исполнителей. Были определены: общее количество календарных дней для выполнения работы – 83 дня, общее количество дней, в течение которых

работал инженер – 55,5 и общее количество дней, в течение которых работал руководитель – 29,5;

Составлен бюджет проектирования, позволяющий оценить затраты на разработку проекта, которые составляют 189944,26 руб.

По факту оценки эффективности ИР, можно сделать выводы:

Значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,9976, что является показателем того, что ИР не уступает аналогам по выгоды;

Значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,45, по сравнению с 4,05 и 3,9;

Значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,45, по сравнению с 4,13 и 4,06, и является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

5 Социальная ответственность

Введение

В процессе выполнения выпускной квалификационной работы были изучены и проанализированы методы изомеризации бензиновых фракций. Компьютерное моделирование процесса изомеризации является в настоящее время очень актуальным направлением. Оно позволяет улучшить состав и качество автомобильных бензинов, что ведет к снижению вредных выбросов в атмосферу.

Объектом исследования является процесс изомеризации прямогонной бензиновой фракции НК-62 °С с рециклом по непревращенным гексанам (катализатор – Pt на Al₂O₃); Задачей исследования является подбор оптимальных параметров процесса (температура, давление) для: сокращения доли ароматических углеводородов (до 25%), сокращения содержания серы, сокращения содержания бензола и олефинов (до 18%).

Рабочим местом является помещение лаборатории, расположенное на территории блока изомеризации НПЗ. Размер помещения – 4,5 м². В качестве оборудования используется персональный компьютер с программным обеспечением, принтер.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Согласно Трудовому кодексу РФ оператор ЭВМ имеет право на:

- рабочее место, соответствующее государственным нормативным требованиям охраны труда и условиям, предусмотренным коллективным договором;
- своевременную и в полном объеме выплату заработной платы в соответствии со своей квалификацией, сложностью труда, количеством и качеством выполненной работы;
- отдых, обеспечиваемый установлением нормальной продолжительности рабочего времени, сокращенного рабочего времени для

отдельных профессий и категорий работников, предоставлением еженедельных выходных дней, нерабочих праздничных дней, оплачиваемых ежегодных отпусков;

- возмещение вреда, причиненного ему в связи с исполнением трудовых обязанностей, и компенсацию морального вреда в порядке, установленном настоящим Кодексом, иными федеральными законами;

- обеспечение в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя средствами коллективной и индивидуальной защиты и смывающими средствами, прошедшими подтверждение соответствия в установленном законодательством Российской Федерации о техническом регулировании порядке;

Обязательное социальное страхование работников регламентируется статьей 212 конституционного кодекса России. Работодатели обязуются обеспечить своим подчиненным социальное страхование от возможных производственных несчастных случаев. Также представленный вид страхования может применяться в случае возникновения профессионального заболевания.

На основании статьи под номером 5 Закона «Об обязательном страховании на производстве и получении профессиональных заболеваний», получать выплаты могут:

1. физические лица, выполняющие свои обязанности на основании заключенного контракта, трудового договора со страхователем;

2. лица, которые были осуждены к лишению свободы на определенный срок или привлеченные к труду страхователями;

3. физические лица, которые выполняют работу на основании гражданского или правового договора.

Пособия по временной нетрудоспособности Размеры пособий по временной нетрудоспособности и условия их выплаты устанавливаются ст. 183 ТК РФ.

Согласно СП 2.2.3670-20 [17] площадь помещения для одного работника вне зависимости от вида выполняемых работ должна быть не менее 4, 5 м².

На рабочем месте, предназначенном для работы в положении сидя, производственное оборудование и рабочие столы должны иметь пространство для размещения ног высотой не менее 600 мм, глубиной – не менее 450 мм на уровне колен и 600 мм на уровне стоп, шириной не менее 500 мм (рисунок 5.1).

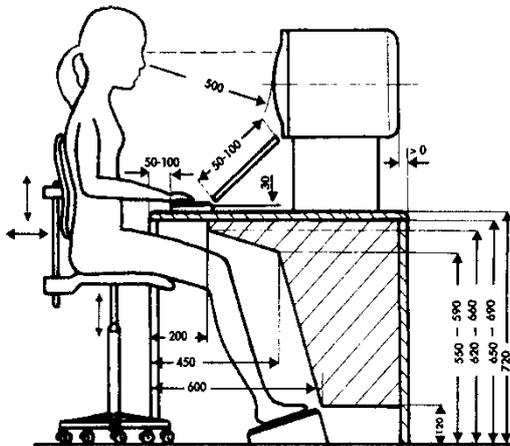


Рисунок 5.1 – Рабочее место оператора ЭВМ

Согласно [18], конструкцией производственного оборудования и рабочего места должно быть обеспечено оптимальное положение работающего, которое достигается регулированием высоты рабочей поверхности, сиденья и пространства для ног. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать возможность размещения на рабочей поверхности необходимого комплекта оборудования и документов с учетом характеристики выполняемой работы.

Рабочий стул (кресло) должен обеспечивать поддержание физиологической рациональной рабочей позы оператора в процессе трудовой деятельности, создавать условия для изменения позы с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины.

Дисплей монитора на рабочем месте должен быть установлен ниже уровня глаз оператора ЭВМ, угол наблюдения экрана относительно горизонтальной линии взгляда не должен превышать 60° .

Клавиатура на рабочем месте оператора должна иметь возможность свободного перемещения и располагаться так, чтобы обеспечивалась оптимальная видимость экрана.

5.2 Производственная безопасность при эксплуатации

5.2.1 Выявление опасных и вредных производственных факторов

При выполнении рабочего процесса по исследованию методов прямогонных бензиновых фракций, на оператора ЭВМ могут оказывать влияние следующие опасные и вредные производственные факторы, указанные в таблице 5.1:

Таблица 5.1 - Возможные опасные и вредные факторы в лаборатории оператора ЭВМ

Факторы (по ГОСТ 12.0.003 - 2015)	Нормативные документы
Производственные факторы, связанные с электрическим током, вызываемым разницей электрических потенциалов, под действие которых попадает работник.	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
Повышенный уровень шума;	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности СП 51.13330.2011 «Защита от шума»
Отсутствие или недостаток необходимого искусственного освещения;	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений
Производственные факторы, связанные с аномальными микроклиматическими параметрами воздушной среды на местонахождении работающего;	СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания" ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
Длительное сосредоточенное наблюдение.	МР 2.2.9.2311 – 07 «Профилактика стрессового состояния работников при различных видах профессиональной деятельности».

5.2.2 Анализ вредных и опасных факторов

5.2.2.1 Повышенное значение напряжения в электрической цепи

Возможность поражения электрическим током является опасным производственным фактором. В основном поражение электрическим током происходит в результате соприкосновения его с элементами электрической сети. Помещение лаборатории относится ко 1-ой категории помещений – помещения

без повышенной опасности [19]. Опасность поражения электрическим током вызвана тем, что компьютерное и сопутствующее оборудование работает от трехфазной сети переменного тока

Основными причинами поражения электрическим током являются:

- прикосновение к незащищенным частям электроприборов, находящихся под напряжением;
- нахождение вблизи поврежденных элементов электроустановок или мест замыкания токоведущих частей (возможность возникновения шагового напряжения);
- нарушение правил эксплуатации электроустановок и электроприборов.

Для ликвидации возможности поражения электрическим током на НПЗ заложены следующие решения:

- ежесменный осмотр и контроль за состоянием изоляции электроприборов;
- исправность защитного заземления;
- предусмотрено аварийное отключение электрооборудования при возникновении аварийных ситуаций в результате нарушения технологического процесса;

5.2.2.2 Превышение уровня шума

Основным источником шума на рабочем месте оператора является компьютерное оборудование, печатающие устройства, работы системы вытяжки и кондиционирования.

Повышенный шум на рабочем месте оказывает вредное влияние на организм работника в целом, вызывая неблагоприятные изменения в его органах и системах. Длительное воздействие такого шума способно привести к развитию у работника потери слуха, увеличению риска артериальной гипертензии, болезней сердечно-сосудистой, нервной системы и др. При этом специфическим клиническим проявлением вредного действия шума является стойкое нарушение слуха (тугоухость), рассматриваемое как профессиональное заболевание. По виду трудовой деятельности помещение лаборатории можно отнести к помещениям для

проведения экспериментальных работ. Согласно [20] допустимый уровень звука в помещениях данного типа не должен превышать 75 дБА. Для того чтобы уменьшить уровень шума, необходимо использовать малошумное оборудование, применять правильное расположение оргтехники на рабочем месте.

5.2.2.3 Недостаточная освещенность рабочей зоны

Немаловажным вредным фактором является также освещенность рабочей зоны. Длительное пребывание в условиях плохой освещенности приводит к отвлечению внимания, уменьшению сосредоточенности, зрительному и общему утомлению. Кроме создания зрительного комфорта свет оказывает на человека психологическое, физиологическое и эстетическое воздействие. Неудовлетворительная освещенность в рабочей зоне может являться причиной снижения производительности и качества труда, получения травм, а также привести к ухудшению зрения.

В помещении лаборатории необходимо добиться обеспечения баланса между искусственным и естественным освещением. Качество естественного освещения достигается установкой в помещении оператора оконных рам. В качестве источника освещения применяются лампы дневного света.

Рабочие столы следует размещать таким образом, чтобы дисплеи были ориентированы боковой стороной к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Искусственное освещение в помещениях должно осуществляться системой общего равномерного освещения. Следует применять системы комбинированного освещения.

В помещении при работе на ПК разряд зрительных работ соответствует 3 категории, освещенность рабочего места должна быть не менее 300 лк, коэффициент пульсации не более 5%. Чрезмерно повышенная яркость освещения связана с неправильным выбором осветительных приборов, либо с неправильным их расположением относительно друг друга. Необходимо руководствоваться СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение» при выборе освещения в помещении [21].

5.2.2.4 Вредные производственные факторы, связанные с микроклиматом

По ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ нормируются следующие параметры: температура, относительная влажность, скорость движения воздушного потока.

Температура помещения самый важный показатель комфортности. Низкая температура приводит к переохлаждению, повышение же её приводит к нарушению водно-солевого баланса организма, снижению иммунитета. Влажность воздуха и скорость воздушного потока тесно связаны с температурой. В зависимости от значения температуры скорость движения воздуха по-разному будет влиять на организм человека. Например, при температуре 33-35 °С скорость движения воздуха 0.15 м/с будет комфортна, при температуре же выше 35 °С будет иметь обратных эффект.

Категория тяжести работы для оператора ЭВМ относится к легкой – I-а. В таблице 5.2 указаны параметры микроклимата для данной категории работ:

Таблица 5.2 – Оптимальные допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха [22]

Период года	Категория работы	Температура, °С			Относительная влажность, %		Скорость движения, м/с	
		оптимальная	допустимая		оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая
			Верхняя граница	Нижняя граница				
Холодный	Легкая I-а	22-24	25	21	40-60	75	0,1	Не более 0,1
теплый		23-25	28	22	40-60	55 (при 28°С)	0,1	0,1-0,2

5.2.2.5 Длительное сосредоточенное наблюдение

Много времени оператор ЭВМ проводит, сидя за компьютером в одной и той же позе. В следствии этого может возникнуть общее утомление и понижение работоспособности человека. Для того, чтобы этого не возникало необходимо обеспечивать правильное расположение тела человека и время от времени делать перерывы

В зависимости от категории трудовой деятельности и уровня нагрузки за рабочую смену при работе с ПЭВМ устанавливается суммарное время регламентированных перерывов. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 (приложение 7) по виду трудовой деятельности работа оператора ЭВМ относится к группе А – работа по считыванию информации с экрана с предварительным запросом. Категория тяжести к группе В – по суммарному времени непосредственной работы с ЭВМ не более 4 часов за смену. Для предупреждения утомляемости рекомендуется организовывать рабочую смену путем чередования работ с ЭВМ и без него. В таблице 5.3 приведены данные по суммарному времени отдыха в зависимости от вида и категории работы.

Таблица 5.3 – Суммарное время перерывов в зависимости от вида и категории работ

Категория работы	Уровень нагрузки за смену	Суммарное время перерывов, мин	
		при 8-ой смене	при 12-ой смене
II	Группа В до 4 часов	70	110

5.3 Экологическая безопасность

В процессе работы, лаборатория по исследованию процессов математического моделирования, может оказывать влияние на экологию. К основным вредным воздействиям можно отнести влияние на литосферу и гидросферу.

Основными источниками загрязнения литосферы могут стать вышедшие из строя электронно-вычислительные машины, оргтехника, а также бытовые отходы и мусор (бумага, канцелярские принадлежности, отходы питания и т.д).

Вышедшая из строя оргтехника и персональные компьютеры относятся к IV классу опасности и должны в обязательном порядке подвергаться специальной утилизации. Она состоит в том, что более 90 % должно отправляться на вторичную переработку в качестве комплектующих и деталей и только 10% отправляться на свалку.

Бытовые отходы, возникающие в процессе работы лаборатории, также должны быть утилизированы в соответствии с определенным регламентом, чтобы не оказывать вредного воздействия на литосферу.

Процедура утилизации отходов должна производиться на основании ГОСТ Р 53692-2009 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла отходов».

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Из всех возможных чрезвычайных ситуаций самым возможным при функционировании лаборатории является пожар.

Класс пожара, согласно 123-ФЗ от 22.07.2008 можно отнести к категории А, подкласс А1 - горение твердых материалов, сопровождаемое тлением (например, дерево, бумага, уголь, текстиль). Рекомендуемые средства тушения пожара А1: вода со смачивателями, распыленная вода, пены, огнетушащие порошки.

Основными факторами возникновения пожаров:

- замыкание электропроводки помещения, а также используемой оргтехники;
- неосторожное обращение с огнем;

Помещение лаборатории должна оснащаться автоматической сигнализацией о возникновении пожара с установкой дымовых датчиков.

В качестве первичных средств пожаротушения должны применяться: переносные и передвижные огнетушители, пожарный инвентарь, покрывала для изоляции очага возгорания

При возникновении пожара оператор ЭВМ должен:

- оповестить о пожаре службу спасения и сообщить своему руководителю;
- проверить включение в работу систем пожаротушения и оповещения;
- приступить к тушению очага пожара средствами пожаротушения, находящимися на предприятии;
- организовать встречу пожарной бригады, указать кратчайший путь к очагу возгорания.

Выводы по разделу

В разделе рассмотрены рабочее место оператора ЭВМ, при проведении оптимизации процесса изомеризации бензиновых фракций. Произведен анализ вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть в ходе выполнения данного процесса.

В результате получены следующие данные:

- рабочее помещение оператора ЭВМ относится к I классу опасности, а именно – помещения без повышенной опасности. Правила устройства электроустановок п 1.1.13
- согласно приказу № 903н от 15.12.2020 г оператор ЭВМ относится к неэлектротехническому персоналу (группа допуска I);
- согласно СанПин 1.2.3685-21 работа оператора относится к категории Пб
- категория помещения по взрыво- и пожаробезопасности относится к категории Б
- категория объекта, по воздействию на окружающую среду относится ко II группе.

Заключение

Применение метода математического моделирования с целью повышения эффективности работы промышленной установки каталитической изомеризации легких бензиновых фракций позволяет решить несколько сложных научно-технологических задач.

Во-первых, определение оптимальных технологических параметров при переработке сырья различной природы, позволяет достичь необходимой степени превращения исходного сырья при минимальном вкладе побочных реакций.

Во-вторых, использование математической модели позволяет проводить мониторинг работы применяемого катализатора, а также помогает оценить степень и динамику его дезактивации.

В-третьих, использование математических моделей упрощает выбор наиболее эффективной технологии для конкретного нефтеперерабатывающего предприятия с учетом специфики его бензинового пула, а также сырьевой базы.

Список использованных источников

1. Р. И. Кузьмина, Изомеризация – процесс получения экологически чистых бензинов / Р. И. Кузьмина, М. П. Фролов, В. Т. Ливенцев; СГУ. - Саратов, 2008. – 88 С.
2. Чеканцев Н.В., Кравцов А.В. Формализованный механизм превращения углеводородов пентан-гексановой фракции на поверхности бифункциональных катализаторов изомеризации. Известия Томского политехнического университета. 2008 г Т.312 №3 стр. 34-37
3. Обзор технологий изомеризации легких бензиновых фракций и перспективы процесса для Казахстанской нефтепереработки // Несмеянова Р.М., Ковтарева С.Ю., Калиев Т.А. // Scientific World. -2018. - №8. – с. 18-33.
4. Совершенствование процесса изомеризации прямогонных бензиновых фракций на стадиях каталитического превращения и ректификации. / Чузлов В.А. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, Томск. – 2018.
5. Модернизация установки изомеризации легкой бензиновой фракции путем замены катализатора // Казанцев Е.О., Анищенко О.В. // «Молодой учёный». - №19 (257), Май 2019. – стр. 28-30.
6. Бурсиан Н.Р. Технология изомеризации парафиновых углеводородов. – Ленинград: Химия, 1985. – 192 с.
7. Ясакова Е.А. Тенденции развития процесса изомеризации в России и за рубежом / Е.А. Ясакова, А.В. Ситдикова, А.Ф. Ахметов // Нефтегазовое дело. – 2010. – №1. – с. 25-43.
8. Казанцев Е.О. Аналитический обзор катализаторов изомеризации легкой бензиновой фракции. Вестник магистратуры. 2019 №1-2 стр. 17-22.
9. Изомеризация n-гексана на платиносодержащих цеолитных катализаторах // С.А. Скорникова, Т.П. Киселева, М.И. Целютина, И.Д. Резниченко // Вестник ИрГТУ № 4 (44) 2010. – стр. 147-151.

10. Кузьмина Р.И. Изомеризация – процесс получения экологически чистых бензинов. / Кузьмина Р.И., Фролов М.П., Ливенцев В.Т. – Издательство Саратовского университета, 2008. – 88 с.

11. Мириманян, А.А. Промышленный опыт работы установок изомеризации пентан-гексановой фракции / А.А. Мириманян, А.Г. Вихман, А.А. Мкртычев // Нефтепереработка и нефтехимия. – 2006. – № 4. – С. 22–31.

12. Математическое моделирование процесса каталитической изомеризации пентан-гексановой фракции // А.Г. Фасхутдинов, И.В. Ахметов, И.М. Губайдуллин, А.Е. Мусина // Вестник Башкирского университета. 2018. Т. 23. №3. – стр. 739 – 743

13. “ИЗОМАЛК-2 технология изомеризации пентан-гексановых фракций,” 2014. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://nefthim.ru/developments/slot1-0>.

14. Процесс Пенекс-Плас изомеризация парафинов C5-C7 // Нефтехимия и нефтепереработка - 1994 - № 6 - с.8-9.

15. Изомеризация легких бензиновых фракций – перспективный способ повышения качества автомобильных бензинов // И.В. Мозговой, Г.М. Давидан, А.Г. Нелин, Л.Н. Олейник, Е.Д. Скутин // Омский научный вестник, №10 2016. – стр. 26-30.

16. Компьютерное прогнозирование работы промышленных катализаторов процессов риформинга и изомеризации углеводородов бензиновой фракции: учебное пособие / А.В. Кравцов, Э.Д. Иванчина, Е.С. Шарова, Н.В. Чеканцев, Д.С. Полубоярцев; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 129 с.

17. СП 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда».

18. ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

19. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания".

20. СП 51.13330.2011 Свод правил «Защита от шума»/

21.СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение.

Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.

22. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.