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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, профиль подготовки «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»
Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Исследование стадии стабилизации продукта процесса каталитической депарафинизации средних дистиллятов

УДК 66.048:665.637.7-045.38

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Зырянова Ирина Владимировна		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ХТТ и ХК	Белинская Наталия Сергеевна			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЕН	Сечина Ася Александровна	Кандидат химических наук		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	Доктор биологических наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой ХТТ и ХК	Юрьев Егор Михайлович	Кандидат технических наук		

Томск – 2016 г.

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

Институт природных ресурсов
Направление подготовки 18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии, профиль подготовки «Основные процессы химических производств и химическаякибернетика»
Кафедра Химической технологии топлива и химической кибернетики

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой

_____ _____ Юрьев Е.М.

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

Студенту:

Группа	**ФИО**
2К21	*Зыряновой Ирине Владимировне*

Тема работы:

Исследование стадии стабилизации продукта процесса каталитической депарафинизации средних дистиллятов	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	1631/с от 29.02.2016

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе *(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,*	Объект исследования: колонна стабилизации продукта процесса каталитической депарафинизации средних дистиллятов, реализованного на установке Л-24-10/2000 ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез». Исходными данными являются технологические режимы работы колонны стабилизации, составы потоков, технологическая схема установки, требования к продукту. Режим работы – непрерывный.

влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).	
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов *(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).*	1. Обзор литературы 1.1. Назначение процесса каталитической депарафинизации дизельных топлив. 1.2. Описание технологического процесса и технологической схемы производственного объекта 1.3. Проблема коррозии и влияние наличия сероводорода в технологических потоках на коррозию в трубопроводах и аппаратах процессов нефтепереработки 1.4. Обзор систем моделирования, применяемых в нефтегазовой отрасли 1.5. Постановка цели и задач исследования 2. Объект и методы исследования 2.1. Характеристика колонны стабилизации, составы потоков, технологические параметры 2.2. Методика моделирования колонны стабилизации в среде HYSYS 3. Расчеты и аналитика 3.1. Мониторинг работы колонны стабилизации на установке каталитической депарафинизации 3.2 Исследование влияния факторов, влияющих на степень отделения сероводорода в колонне 3.2.1. Исследование влияния расхода орошения в колонну на степень отделения сероводорода 3.2.2. Исследование влияния расхода рециркулирующего стабильного бензина в колонну на степень отделения сероводорода 3.2.1. Исследование влияния расхода водородсодержащего газа в колонну на степень отделения сероводорода 4. Результаты проведенного исследования 4.1 Опытный пробег по исследованию работы колонны стабилизации на установке каталитической депарафинизации 4.2. Подбор оптимальной схемы направления потоков в колонну и оптимальных параметров эксплуатации колонны 5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 5.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения 5.2. Планирование научно-исследовательских работ 5.3. Бюджет научно-технического исследования

	5.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования ситуаций 6 Социальная ответственность 6.1 Анализ выявленных опасных и вредных факторов в рабочей зоне 6.2. Коллективные и индивидуальные средства защиты 6.3. Охрана окружающей среды 6.4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях 6.5.Правовые и организационные вопросы безопасности
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)*	

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы

Раздел	**Консультант**
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Сечина Ася Александровна, к.ф.н., доцент
Социальная ответственность	Ахмеджанов Рафик Равильевич, к.б.н., профессор

Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	05.03.2015

Задание выдал руководитель:

Должность	**ФИО**	**Ученая степень, звание**	**Подпись**	**Дата**
Ассистент каф. ХТТ и ХК	*Белинская Н.С.*			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	**ФИО**	**Подпись**	**Дата**
2К21	*Зырянова И.В.*		

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт	Институт природных ресурсов
Направление подготовки	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии
Уровень образования	Бакалавриат
Кафедра	Химической технологии топлива и химической кибернетики
Период выполнения	

Форма представления работы:

Бакалаврская работа

(бакалаврская работа, дипломный проект/работа, магистерская диссертация)

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН

выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
15.04.16	Литературный обзор	15
29.04.16	Объект и методы исследования	20
06.04.16	Расчеты на разработанной модели	20
13.05.15	Проведение расчетов и результаты исследования	15
19.05.15	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	15
25.05.15	Социальная ответственность	15

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Белинская Н.С.			

Согласовано:

Зав. кафедрой ХТТ и ХК	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юрьев Е.М.	к.т.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС ВПО, критериев и/или заинтересованных сторон
Профессиональные компетенции		
Р1	Применять базовые и специальные, математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональныезнания в профессиональной деятельности	Требования ФГОС (ПК-1,2,3,19,20), Критерий 5 АИОР (п.1.1),**CDIO(п. 1.1, 4.1, 4.3, 4.8)**
Р2	Применять знания в области современных химических технологий для решения производственных задач	Требования ФГОС (ПК-7,11,17,18, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп.1.1,1.2), **CDIO (п. 1.1, 3.2, 4.2, 4.3, 4.5, 4.6)**
Р3	Ставить и решатьзадачи производственного анализа, связанные с созданием и переработкой материалов с использованием моделирования объектов и процессов химической технологии	Требования ФГОС (ПК-1,5,8,9, ОК-2,3), Критерий 5 АИОР (пп.1.2), **CDIO (1.2, 2.1, 4.5)**
Р4	Разрабатывать ***новые*** технологические процессы, проектироватьи использовать новое оборудование химической технологии, ***проектировать объекты химической технологии в контексте предприятия , общества и окружающей среды***	Требования ФГОС (ПК-11,26,27,28), Критерий 5 АИОР (п.1.3) (ОК-9, ОК-10, ОК-13, ПК-4, 7, 10, 12 -17, 26)**CDIO (п.1.3, 4.4, 4.7)**
Р5	Проводить теоретические и экспериментальные исследования в области современных химических технологий	Требования ФГОС (ПК-4,21,22,23,24,25, ОК-4,6), Критерий 5 АИОР (п.1.4), **CDIO (п. 2.2)**
Р6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современное высокотехнологичное оборудование, обеспечивать его высокую эффективность, ***выводить на рынок новые материалы***, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на химико-технологическом производстве, выполнять требования по защите окружающей среды.	Требования ФГОС (ПК-6,10,12,13,14,15, ОК-6,13,15), Критерий 5 АИОР (п.1.5) **CDIO(п. 4.1, 4.7, 4.8,** 3.1, 4.6**)**
Общекультурные компетенции		
Р7	Демонстрировать знания социальных, этических и культурных аспектов профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-5,9,10,11), Критерий 5 АИОР (пп.2.4,2.5), **CDIO (п. 2.5)**
Р8	Самостоятельно учитьсяи непрерывно повышать квалификациюв течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-1,2,7,8,12), Критерий 5 АИОР (2.6), **CDIO (п. 2.4)**
Р9	***Активно*** владеть ***иностранным языком*** на уровне, позволяющем разрабатывать документацию, презентовать результаты профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ОК-14) , Критерий 5 АИОР (п.2.2),**CDIO (п. 3.2, 3.3)**
Р10	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, ***демонстрировать лидерство в инженерной деятельности и инженерном предпринимательстве,*** ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации.	Требования ФГОС (ОК-3,4) , Критерий 5 АИОР (пп.1.6, 2.3) **CDIO(п. 4.7, 4.8, 3.1)**

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К21	Зырянова Ирина Владимировна

Институт	Институт природных ресурсов	**Кафедра**	Химической технологии топлива и химической кибернетики
Уровень образования	Бакалавриат	**Направление/специальность**	Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих*	Стоимость программного обеспечения. Общая система налогообложения. Отчисления на социальные нужды – 30 %.
2. *Нормы и нормативы расходования ресурсов*	
3. *Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования*	
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. *Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения*	Оценка конкурентоспособности, рассмотрение альтернатив проведения НИ.
2. *Планирование и формирование бюджета научных исследований*	Планирование этапов разработки программы, определение трудоемкости, построение диаграммы Ганта, формирование бюджета НТИ.
3. *Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования*	Сравнительный анализ интегральных показателей эффективности.
Перечень графического материала *(с точным указанием обязательных чертежей)***:**	
1. *Оценка конкурентоспособности технических решений* 2. *Матрица SWOT* 3. *График проведения и бюджет НИ* 4. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры МЭН	Сечина Ася Александровна	к.х.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Зырянова Ирина Владимировна		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2К21	Зыряновой Ирине Владимировне

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

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования - процесс депарафинизации дизельных топлив. Рабочая зона – компьютерный класс, технологическая зона. Область применения - нефтеперерабатывающая промышленность.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность *1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:* – *физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой;* – *действие фактора на организм человека;* – *приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);* – *предлагаемые средства защиты;* – *(сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства).* *1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности:* – *механические опасности (источники, средства защиты;* – *термические опасности (источники, средства защиты);* – *электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты);* – *пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).*	В производственной среде и при применении вычислительной техники вероятно воздействие следующих вредных факторов: 1) повышенная яркость света; 2) шум; 3) вибрация; 4) повышенный уровень электромагнитных излучений; 5) ухудшение микроклимата, 6) вредные вещества. Опасные факторы: – горючесть, взрывоопасность и токсичность веществ применяемых и получаемых на установке; – возможность образования зарядов статического электричества; – наличие электротехнических

	устройств высокого напряжения; – превышение токсичных веществ в воздухе рабочей зоны. СанПиН 2.2.2.542-96 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы». СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений". СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение». СанПиН 2.2.4.1191-03. «Электромагнитные поля в производственных условиях». Вредные вещества: сероводород, аммиак, углеводородные газы, пары нефтепродуктов, топливный газ. ГН 2.2.5.686-98 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны. Предлагаемые средства защиты**:** 1.Коллективные: приточная и аварийная вентиляция. осветительные приборы, световые проемы, оградительные, изолирующие и предохранительные устройства, контур заземления, знаки безопасности, теплоизоляция трубопроводов и оборудования. 2.Индивидуальные средства защиты: хлопчатобумажные костюмы, защитные очки, ботинки кожаные, перчатки фильтрующими противогазами, каска. ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих. Общие требования и классификации.
2. Экологическая безопасность: – *защита селитебной зоны* – *анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);* – *анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);* – *анализ воздействия объекта на литосферу (отходы);*	Основными загрязнителями атмосферы на производстве являются: – Диоксид серы; – Сероводород; – Оксиды азот;

– *разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.*	– Оксид углерода(II); – Углеводороды. ГН 2.1.6.1338-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. Воздействие на гидросферу: Осуществляется сброс сточных вод, содержащих нефтепродукты, ароматические углеводороды, аммонийный азот, парафин, сульфаты. ГОСТ 17.1.1.01-77: Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Влияние на литосферу (отходы): не подлежащий регенерации катализатор. Методы повышения экологической безопасности: – снижения выбросов ; – использование улучшенных; фильтрационных и очистительных сооружений; – оптимизация процесса,; – использование более экологически чистого сырья; – повторное использование технической воды; – герметизация резервуаров и дренажных устройств; – повышения эффективности улавливания нефтепродуктов в водоочистных сооружениях и при подготовке оборудования к ремонту.
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – *перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения;* – *выбор наиболее типичной ЧС;* – *разработка превентивных мер по предупреждению ЧС;* – *разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.*	Перечень возможных ЧС: 1) пожар; 2) взрыв; 3) розлив продуктов/компонентов производства; 4) выброс опасных веществ. Защита работников в ЧС осуществляется:

	использованием средств индивидуальной защиты, укрытием людей в защитных сооружениях и эвакуацией. До возникновения ЧС осуществляется накопление средств индивидуальной и коллективной защиты, составляются планы эвакуации работников по всем видам ЧС, которые будут использованы в чрезвычайной ситуации. ГОСТ Р 22.3.03-94 «Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Защита населения. Основные положения»
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – *специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;* – *организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.*	К нормативным актам, регулирующим вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации. Для обеспечения безопасности на рабочем месте нужно руководствоваться санитарными нормами и правилами, где описываются требования к микроклимату, освещению, уровням шума и вибрации. А также ГОСТами, в которых изложена система стандартов безопасности труда.

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор кафедры ЭБЖ	Ахмеджанов Рафик Равильевич	Доктор биологических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2К21	Зырянова Ирина Владимировна		

Реферат

Выпускная квалификационная работа состоит из: 99 с., 10 рис., 22 табл., 30 источников, 10 прил.

Ключевые слова: каталитическая гидродепарафинизация, дизельное топливо, математическое моделирование, химическая технология.

Объект исследования – колонна стабилизации продукта процесса каталитической депарафинизации средних дистиллятов, реализованного на установке Л-24-10/2000 ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез».

Целью данной работы является повышение эффективности стадии стабилизации продукта процесса каталитической депарафинизации средних дистиллятов.

В процессе исследования проводилась оценка влияния параметров в колонне стабилизации на степень отделения сероводорода.

В результате исследования выявлено, что повышение расхода острого орошения и совершенствование схемы направления потоков в колонну путем возврата части стабильного бензина с блока ректификации в низ колонны стабилизации и добавления ВСГ позволяет достичь полного отделения сероводорода, и, как следствие, повысить коррозионную безопасность продукта, а также увеличить ресурсоэффективность установки каталитической депарафинизации.

Область применения: нефтеперерабатывающая промышленность.

Экономическая значимость работы заключается в увеличении эффективности процесса по средствам побора наиболее оптимальных параметров и схемы потоков в колонну без вмешательства в работу установки.

Оглавление

Введение 16

1. Обзор литературы 19
   - 1.1 Назначение процесса депарафинизации дизельных топлив 19
   - 1.2 Описание технологического процесса и технологической схемы производственного объекта 20
   - 1.3 Проблема коррозии и влияние наличия сероводорода в технологических потоках на коррозию в трубопроводах и аппаратах процессов нефтепереработки 23
   - 1.4 Обзор систем моделирования, применяемых в нефтегазовой отрасли 25
     - 1.4.1 Aspen HYSYS 27
     - 1.4.2 ChemCAD 29
     - 1.4.3 PRO II 30
     - 1.4.4 Сравнение моделирующих программ 32
   - 1.5 Постановка цели и задач исследования 32
2. Объект и методы исследования 35
   - 2.1 Характеристика колонны стабилизации, составы потоков, технологические параметры 35
   - 2.2 Методика моделирования колонны стабилизации в HYSYS 36
3. Расчеты и аналитика 40
   - 3.1 Мониторинг работы колонны стабилизации на установке 40
   - 3.2 Исследование влияния факторов, влияющих на степень отделения 42
     - 3.2.1 Исследование влияния расхода орошения в колонну на степень отделения сероводорода 43
     - 3.2.2 Исследование влияния расхода рециркулирующего стабильного бензина в колонну на степень отделения сероводорода 44
     - 3.2.3 Исследование влияния расхода водородсодержащего газа 46

в колонну на степень отделения сероводорода
4. Результаты проведенного исследования 48
4.1 Опытный пробег по исследованию работы колонны стабилизации на установке каталитической депарафинизации 48
4.2 Оптимизация схемы направления потоков в колонну стабилизации 49
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение 51
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности 51
5.2 Планирование научно-исследовательских работ 53
5.3 Бюджет научно-технического исследования 55
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования 60
6. Социальная ответственность 63
6.1 Анализ выявленных опасных и вредных факторов в рабочей зоне 63
6.1.1 Микроклимат производственных помещений 64
6.1.2 Освещение 66
6.1.3 Уровень акустического шума и вибрации 66
6.1.4 Содержание вредных химических веществ 67
6.1.5 Электробезопасность 69
6.2 Коллективные и индивидуальные средства защиты 70
6.2.1 Средства коллективной защиты 71
6.2.2 Средства индивидуальной защиты 71
6.3 Охрана окружающей среды 72
6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях 73
6.5 Правовые и организационные вопросы безопасности 74
Заключение 76
Список публикаций 79
Список использованных источников 80

Приложение А Схема процесса каталитической депарафинизации 84
Приложение Б Сравнение моделирующих программ 85
Приложение В Фракционный и покомпонентный составы потоков 86
Приложение Г Карта сегментирования рынка 90
Приложение Д Оценочная карта конкурентных технических решений 91
Приложение Е SWOT-анализ 92
Приложение Ж Этапы научно-исследовательской работы 93
Приложение И Временные показатели проведения научного исследования 95
Приложение К Календарный план-график проведения НИОКР 98
Приложение Л Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ 99

Введение

В связи с суровыми климатическими условиями большей части территории России, проблема выпуска низкозастывающих нефтепродуктов, которые будут соответствовать современным экологическим стандартам является актуальной. Доказательством этого является постоянно растущий спрос на высококачественные низкозастывающие и малосернистые дизельные и авиационные топлива, и масла. Однако ресурсы сырья, используемого для получения низко застывающих нефтепродуктов (малопарафинистые нефти нафтенового основания), практически исчерпаны. Поэтому возникла необходимость в переработке и получении нефтепродуктов из парафинистых нефтей [1]. В связи с этим на нефтеперерабатывающие заводы внедряется процесс депарафинизации [2].

В настоящее время нефтегазовая отрасль несет серьёзные убытки с коррозией трубопроводов и аппаратов. Сероводородная коррозия является одной из главных причин коррозионного разрушения при эксплуатации оборудования в широком диапазоне сред и условий [3]. Сероводород может вызывать повреждения в результате химической, электрохимической коррозии и водородного охрупчивания. Сероводород – присутствует не только в продуктах месторождений, но и образуется в результате каталитического и термического превращений сероорганических соединений (тиолов, сульфидов, дисульфидов, тиофенов), углерода, сероуглерода, в частности, в процессе депарафинизации значительная доля сероводорода образуется на стадии гидроочистки. С повышением рабочих температур степень образования сероводорода возрастает вследствие уменьшения его растворимости, так же из-за усиления распада серосодержащих соединений [4]. Коррозия – это сложная проблема, так как нужно учитывать большое количество влияющих на неё переменных величин. Борьба с коррозией – это не только продление срока службы нефтеперерабатывающего оборудования, снижение эксплуатационных

затрат на его ремонт, но и улучшение технико-экономических показателей переработки нефти.

Объект исследования – колонна стабилизации продукта процесса каталитической депарафинизации средних дистиллятов, реализованного на установке Л-24-10/2000 ООО «ПО «Киришинефтеоргсинтез»

Предмет исследования – закономерности влияния технологических параметров на эффективность работы колонны стабилизации продукта процесса каталитической депарафинизации средних дистиллятов.

Рассматриваемый аппарат – колонна стабилизации – работает не эффективно. Это выражается низкой степенью разделения легких компонентов и сероводорода, вследствие чего в выходном потоке колонны стабилизации наблюдается повышенное содержание сероводорода [5]. Данный поток проходит стадию ректификации, где одним из продуктов выделяется стабильный бензин с большим содержанием сероводорода, что в значительной степени увеличивает риск коррозии верха ректификационной колонны и оборудования, следующего за стадией ректификации.

Целью данной работы является повышение эффективности стадии стабилизации продукта процесса каталитической депарафинизации средних дистиллятов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Изучить проблему коррозии в трубопроводах и аппаратах процессов нефтепереработки;
2. Изучить сырьё, технологическую схему и продукты процесса;
3. Провести обзор и анализ систем для моделирования технологических процессов;
4. Исследовать влияние расхода орошения в колонну на степень отделения сероводорода;
5. Исследовать влияние расхода рециркулирующеего стабильного бензина в колонну на степень отделения сероводорода;

6. Исследовать влияние расхода водородсодержащего газа в колонну;
7. Подобрать оптимальную схему направления потоков и оптимальных параметров эксплуатации колонны.

Научная и практическая новизна заключается в том, что на модели колонны стабилизации, разработанной в среде моделирования HYSYS, были проведены расчеты колонны стабилизации, на основе которых выявлена наиболее эффективная схема направления потоков в колонну стабилизации в зависимости от состава перерабатываемого сырья. При оптимальном варианте содержание сероводорода в стабильном гидрогенизате снижается до следовых количеств, и, как следствие, повышается коррозионная безопасность продукта, повышается ресурсоэффективность установки каталитической депарафинизации за счет продления срока службы оборудования и трубопроводов, а также снижается вероятность возникновения нештатных ситуаций вследствие коррозийного разрушения оборудования.

Практическая значимость состоит в том, что результаты исследования могут быть использованы для повышения ресурсоэффективности стадии стабилизации продукта реакторного блока установки каталитической гидродепарафинизации.

Результаты исследований используются на промышленном предприятии для регулирования технологических параметров в колонне стабилизации, результаты представлены на следующих конференциях и симпозиумах: XVII Международная научно-практическая конференция студентов и молодых ученых имени Л.П. Кулёва «Химия и химическая технология в XXI веке» (г. Томск, 2016 г.); XX Международный научный симпозиум имени академика М.А. Усова «Проблемы геологии и освоения недр» (г. Томск, 2016 г.); Международная молодежная научная конференция «Нефть и газ - 2016» (г. Москва, 2016 г.); V Всероссийская научная молодежная школа-конференция «Химия под знаком СИГМА: исследования, инновации, технологии» (г. Омск, 2016 г.); XIII Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективы развития фундаментальных наук» (г. Томск, 2016 г.).

1 Обзор литературы

1.1 Назначение процесса депарафинизации дизельных топлив

Депарафинизация – это процесс снижения содержания высокоплавких высших (начиная с C_{10}) парафинов в нефтепродуктах (дизельных топлив, смазочных масел и др.).

К ключевым особенностям процесса депарафинизации относятся:

- низкая температура застывания продуктов (ниже минус 50 °С);
- высокая стабильность продуктов;
- хорошие цетановые свойства продуктов;
- постоянное качество продуктов в течение всего цикла [6].

В ходе процесса депрафинизации вследствие модификации нормальных парафинов становится возможным получить из летнего дизельного топлива зимнее. Получившееся дизельное топливо будет иметь усовершенствованные эксплуатационные свойства. А именно, понизится температура застывания и предельная температура фильтруемости.

Твердые и жидкие углеводороды, являются сложной смесью парафиновых углеводородов нормального строения разной молекулярной массы; изопарафиновых, которые различаются по числу атомов углерода в молекуле, степени разветвленности и положению заместителей; нафтеновых, ароматических и нафтеноароматических с разным числом колец и длинными боковыми цепями как нормального, так и изостроения. Температура плавления твердых углеводородов зависит от структуры их молекул.

Химический состав твердых углеводородов во многом определяется температурными пределами выкипания фракции. Преобладающим компонентом твердых углеводородов являются нафтеновые углеводороды; так же но уже в значительном меньшем количестве присутствуют парафиновые и ароматические углеводороды, которые имеют длинные алкильные цепи. При увеличении температур выкипания фракций соответственно возрастает

содержание твердых углеводородов, в частности нафтеновых и циклических углеводородов.

Таким образом, неудовлетворительные низкотемпературные свойства нефтяных дистиллятов (как прямогонных, так и вторичного происхождения) определяются в основном присутствием в дистиллятах парафиновых углеводородов нормального и слаборазветвленного строения, обладающих высокими значениями температуры кристаллизации. При увеличении числа атомов углерода в молекуле парафинов их температура застывания линейно увеличивается [7].

Поэтому понижение температуры приводит к быстрому снижению подвижности дистиллятов, структурообразованию и выпадению осадка. Значительное уменьшение подвижности масел и топлив можно объяснить такой особенность твердых углеводородов, что при снижении температуры они кристаллизуются из растворов нефтяных фракций. Образуются структурированная система, которая связывает жидкую фазу. Самые крупные кристаллы у углеводородов имеющих парафиновое строение. Для нафтеновых и в особенности для ароматических углеводородов свойственны кристаллы, обладающие меньшим размером. В зависимости от природы исходных нефтей среднедистиллятные фракции содержат от 9 до 32 % мас. н-парафинов. Для получения низкозастывающих дистиллятов содержание н-парафинов не должно превышать 2–7 % мас. в зависимости от химического состава дистиллята [8].

1.2 Описание технологического процесса и технологической схемы производственного объекта

Производство компонентов дизельных топлив и автомобильных бензинов путем депарафинизации является сложным многоэтапным процессом и включает взаимосвязанные стадии гидроочистки, депарафинизации, стабилизации и ректификации. Схема процесса представлена в Приложении А.

Сырьевая смесь поступает в реакторный блок на «тройник смешения», где смешивается с циркуляционным водородсодержащим газом. После «тройника смешения» газосырьевая смесь нагревается в теплообменнике и подается в печь, после чего поступает в реакторы гидроочистки Р-1 и Р-2. После реактора Р-2 газопродуктовая смесь поступает на нагрев в печь и далее в реактор депарафинизации Р-3. Реактора Р-1, Р-2, Р-3 работают последовательно. В реакторах Р-1 и Р-2 происходит гидрирование соединений, содержащих серу, азот и кислород с образованием сероводорода, аммиака и воды. Общий адиабатический подъем температуры при гидрообессеривании может составлять более 25 ºС, поэтому между реакторами Р-1 и Р-2 подается квенч водородсодержащего газа. Для регулирования температуры на входе в реактор Р-3 предусмотрено два варианта: охлаждение газопродуктовой смеси подачей квенча между реакторами Р-2 и Р-3, если температура входа в Р-3 выше необходимой, и нагрев в печи, если температура на входе в Р-3 ниже необходимой для процесса гидродепарафинизации. Газопродуктовая смесь из реактора Р-3 поступает в сепаратор С-1, где происходит ее разделение на парогазовую смесь и нестабильный гидрогенизат. Парогазовая смесь из сепаратора С-1 поступает в теплообменник, где отдает тепло на нагрев нестабильного гидрогенизата из С-2, затем охлаждается в воздушном холодильнике и поступает в сепаратор С-2, где разделяется на циркуляционный газ и нестабильный гидрогенизат. На выходе из сепаратора С-2 в поток нестабильного гидрогенизата подается бензин-отгон гидроочисток. Нестабильный гидрогенизат из сепаратора С-2 проходит межтрубное пространство теплообменника, где нагревается теплом парогазовой смеси из С-1, и после смешения с нестабильным гидрогенизатом сепаратора С-1, направляется на стабилизацию в колонну К-1. Для поддержания необходимой концентрации водорода в циркуляционном газе часть газа отдувается с установки, а взамен в поток циркуляционного газа подается свежий водородсодержащий газ.

В блоке стабилизации смесь нестабильного гидрогенизата из сепараторов С-1 и С-2 с отгоном с установок гидроочистки нагревается в теплообменнике и поступает в колонну стабилизации К-1, где из нее выделяются растворенные легкие углеводороды, сероводород и вода. В колонне стабилизации К-1 содержится 20 клапанных тарелок. Нестабильный гидрогенизат поступает на 12 тарелку. Часть стабильного гидрогенизата из куба колонны К-1 возвращается в колонну через печь в качестве «горячей струи». Для более эффективного удаления сероводорода из нестабильного гидрогенизата предусмотрена линия подачи стабильного бензина (верх К-2) в печь перед колонной К-1. Легкие продукты из верхней части колонны К-1 конденсируются и охлаждаются в воздушном и водяном конденсаторах-холодильниках и поступают в сепаратор С-4, где происходит их разделение на углеводородный газ и легкий бензин и отстаивание легкого бензина от воды. Для снижения степени коррозии оборудования и трубопроводов перед воздушным конденсатором-холодильником в поток подается ингибитор коррозии. Легкий бензин из сепаратора С-4 подается на 20 тарелку колонны К-1 в качестве орошения, а балансовое количество выводится на установки первичной переработки нефти.

После блока стабилизации стабильный гидрогенизат из нижней части колонны К-1 поступает в блок ректификации через печь в колонну К-2 на 4-ю тарелку. В сложной колонне ректификации К-2 с двумя стриппингами К-3/1 и К-3/2 происходит разделение стабильного гидрогенизата на следующие фракции: стабильный бензин (верх К-2), 180-240 °С, 240-340 °С и остаток – фракцию > 340 °С. Пары стабильного бензина из верхней части колонны К-2 после конденсации и охлаждения в воздушном конденсаторе-холодильнике поступают в рефлюксную емкость Е-5, откуда часть бензина возвращается в колонну К-2 на 41 тарелку в качестве орошения, а балансовое количество после охлаждения в воздушном и водяном холодильниках выводится с установки. Фракция 180-240 °С с 24-й тарелки колонны К-2 выводится на верхнюю 8 тарелку колонны стриппинга К-3/1, где из нее выделяются более легкие

фракции. Выделенная легкая часть фракции 180-240 °С возвращается в колонну К-2 под 27-ю тарелку, а стабильная фракция 180-240 ºС из кубовой части колонны К-3/1 и после охлаждения в воздушном и водяном холодильниках выводится с установки. Фракция 240-340 °С с 16-й тарелки колонны К-2 выводится на верхнюю 8 тарелку в колонну стриппинга К-3/2, где из нее выделяются более легкие фракции. Выделенная легкая часть фракции 240-340 °С возвращается в колонну К-2 под 19-ю тарелку, а стабильная фракция 240-340 °С из нижней части колонны К-3/2 отдает свое тепло в ребойлере на поддержание температурного режима в колонне К-3/1 и в трубном пространстве теплообменника на нагрев сырья, охлаждается в воздушном холодильнике и выводится с установки. Фракция > 340 °С из кубовой части колонны К-2 частично возвращается в колонну через печь в качестве «горячей струи», а балансовое количество отдает тепло в ребойлере на поддержание температурного режима колонны К-3/2 и в теплообменнике на нагрев сырья колонны К-1, после чего охлаждается в воздушном холодильнике и выводится с установки в качестве компонента приготовления котельного топлива [9].

1.3 Проблема коррозии и влияние наличия сероводорода в технологических потоках на коррозию в трубопроводах и аппаратах процессов нефтепереработки

Нефтегазовая отрасль несет большие потери в связи с коррозией трубопроводов и аппаратов.

Далее будет проанализирована роль сероводорода, который присутствует в газообразных и жидких средах продуктов нефтепереработки на оборудование и аппараты.

Одной из причин повсеместного усиления сероводородной коррозии является повышение температур при технологических процессах переработки нефти. При увеличении температуры образование H_2S возрастает вследствие

снижения его растворимости, и из-за усилившегося распада серосодержащих соединений [4].

Сероводород может вызывать серьезные последствия такие как разрушение оборудования, аппаратов вследствие сильной коррозии и водородного охрупчивания металла.

Растворяясь в воде, сероводород образует слабую кислоту, которая может вызвать точечную коррозию в присутствии кислорода или диоксида углерода.

При присоединении H_2S к непредельным соединениям, образуются меркаптаны, являющиеся наиболее агрессивной и токсичной частью сернистых соединений, то есть химическими ядами. Таким образом, они сильно ухудшают свойства катализаторов.

Сероводород стимулирует проникновение водорода в сталь. В растворах, в составе которых присутствует сероводород, доля проникающего водорода может достигать 40 %.

Воздействие H_2S на металл влечет за собой растрескивание под напряжением и водородное растрескивание (расслоение). Коррозия является причиной уменьшения толщины стенок оборудования, образования язв, сквозных свищей, ослабления конструктивной прочности.

Сероводородное растрескивание сталей является следствием наводораживания и снижения пластических свойств металла в процессе коррозии. Данный тип разрушений появляется в виде трещин и расслоений. Так же опасным является растрескивание под напряжением, которое является самым быстрым и трудно контролируемым в развитии видом разрушения [10].

Борьба с коррозией – это не только продление срока службы нефтеперерабатывающего оборудования, снижение эксплуатационных затрат на его ремонт, улучшение технико-экономических показателей переработки нефти.

Борьба с коррозией оборудования нефтеперерабатывающих предприятий осуществляется по нескольким направлениям:

- применение ингибиторов коррозии;
- нанесение лакокрасочных и стойких металлических покрытий на поверхность защищаемого металла;
- применение полимерных материалов;
- применение стойких к коррозии металлических сплавов, на основе нержавеющих сталей.

Известные в настоящее время методы противокоррозионной защиты подразделяются на технологические и на специальные.

К технологическим методам защиты оборудования и трубопроводов от коррозии относят действия предупреждающего характера, которые нацелены на сохранение изначально низких коррозионных свойств среды. Технологические методы носят комплексный характер и приемлемы на всех объектах.

К специальным методам защиты относят: использование ингибиторов коррозии, бактерицидов, неметаллических материалов, лаков и красок; оборудование установок катодной и протекторной защитой.

Наиболее эффективным методом защиты от коррозии является метод защиты с применением ингибиторов коррозии. Эта защита, основана на свойстве ингибитора подавлять коррозионные процессы до уровня, при котором сохраняется высокая надежность эксплуатируемого оборудования. Для каждого вида агрессивной среды следует подбирать индивидуальный ингибитор коррозии.

1.4 Обзор систем моделирования, применяемых в нефтегазовой отрасли

Развитие теории компьютерного моделирования химико-технологических систем (ХТС) открывает новые возможности решения задачи построения компьютерных моделей химических производств. К настоящему времени созданы обширные комплексы программ для компьютерного моделирования ХТС. Пакеты моделирующих программ (ПМП) – это

программы предназначенные для инженерных расчётов разнообразных технологических процессов. Данные пакеты связывают базы данных химических компонентов и методов расчёта термодинамических свойств с методикой проведения расчёта аппаратов. ПМП обладают хорошими средствами для проведения расчётов материальных и тепловых балансов, которые нужны при моделировании процессов. Данные ПМП предназначены для выполнения поверочно-оценочных и проектных расчётов различных аппаратов, а также сложных многостадийных ХТС, которые содержат множество единиц оборудования и рециркулирующих потоков [11].

Проектирование систем переработки углеводородного сырья и эффективная эксплуатация действующих производств не представляется возможным без применения ПМП, обладающих высокой точность описания параметров технологических процессов и позволяющих без ощутимых материальных и временных затрат проводить исследования этих процессов. Эти исследования имеют большое значение, как для проектирования, так и для совершенствования работы производств, вследствие возможности учета влияние внешних факторов (изменение состава сырья, изменение требований к продуктам и т.д.) на показатели работы действующих производств.

Сейчас имеется много программных средств моделирования химико-технологических процессов. На рынке наиболее доступными ПМП являются: CHEMCAD, Aspen, PRO II, а также Hysys. Есть и другие ПМП, которые не получили широкого распространения. Это, например: GIBBS, КОМФОРТ и др. [12].

В основу средств моделирования заложены общие принципы расчетов материальных и тепловых балансов химических производств:

- набор термодинамических данных по компонентам и средства, позволяющие выбирать нужные компоненты для описания качественного состава рабочих смесей;

- разнообразные методы расчета термодинамических свойств, (коэффициент фазового равновесия, энтальпии, энтропии, плотности и др.);
- средства, которые обеспечивают возможность для формирования химико-технологических систем из отдельных элементов;
- средства для расчета сложных ХТС, состоящих из множества подсистем (большого числа элементов), определенным образом соединенных между собой.

Итак, ниже будут описаны назначение и возможности следующих программ: HYSYS, ChemCAD ,PRO II.

1.4.1 Aspen HYSYS

Aspen HYSYS – это программный пакет для моделирования в стационарном режиме, проектирования ХТП, контроля производительности оборудования, для оптимизации технологических режимов.

Ключевые особенности HYSYS перечислены ниже [13]:

- удобный графический интерфейс (PFD – Process Flowsheet Diagram).
- точные термодинамические модели. С помощью термодинамических моделей можно рассчитать физические свойства, транспортные свойства, фазовое равновесие;
- программа имеет большую базу данных с возможностью добавления пользовательских компонентов (наличие более 20 различных методов расчета термодинамических и физических свойств; более 2000 библиотечных компонентов, более 16000 пар бинарных коэффициентов);
- открытая архитектура. Имеется возможность подключать и использовать совместно с программой HYSYS собственные программы (созданные в среде Visual Basic, C++, Excel);

- обширная библиотека модульных операций. В HYSYS есть статические и динамические модели ректификационных колонн, реакторов, теплообменников;
- передача данных в конструкторскую программу.

С помощью HYSYS можно проводить следующие расчеты:

- ректификационных колонн произвольной конфигурации;гидравлики ректификационных колонн с различными типами контактных устройств (тарелок и насадок);
- теплообменных аппаратов различных типов;
- реакторов идеального вытеснения и идеального смешения.

С помощью набора встроенных утилит возможен расчет:

- условий гидратообразования и его ингибирования;
- точки росы по воде и углеводородам;
- кривых разгонок (ИТК, ГОСТ, вакуумная разгонка и т.д.);
- товарных свойств нефтепродуктов;
- размеров емкостей.

Работа в программе HYSYS дает весомый экономический эффект: повышается производительность и прибыльность установок.

Экономический эффект достигается за счет следующего:

- оптимизация проектирования − возможность в сжатые сроки оценить рентабельность, безопасность и надежность установки;
- мониторинг состояния оборудования – уверенность в том, что оборудование работает в оптимальном режиме;
- уменьшение затрат на реализацию проекта – возможность свести к минимуму количество ошибок и сделать проект менее трудоемким [13].

1.4.2 ChemCAD

ChemCAD является инструментом для компьютерного моделирования ХТП при разработке, модернизации и оптимизации химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. Здесь решаются задачи расчетно-технологического проектирования для моделирования и расчета технологических схем с рециркулирующими потоками органических и неорганических веществ и непрерывных смесей (в случае нефтяных фракций), а также энергетических потоков и разработки технологического регламента для произвольного химико-технологического процесса.

ChemCAD включает в себя:

- базы данных по свойствам индивидуальных веществ и различные методы их прогнозирования;
- базы данных по расчетным модулям типовых процессов химической технологии, протекающих в реакторах, абсорбционных, ректификационных и экстракционных колоннах), дистилляционных аппаратах, теплообменниках различных типов, компрессорах, насосах, кристаллизаторах, и др.;
- расчетные модули для определения конструкционных параметров типового оборудования химических производств;
- модули для проведения расчетных исследований и оптимизации технологических схем;
- программные модули для расчета стоимости единиц оборудования химических производств.

ChemCAD применим для:

- подготовки оптимальных исходных данных по единицам оборудования и трубопроводным системам для рабочего инженерно-технического проектирования при создании новых, а также реконструкции и диверсификации действующих химических и нефтехимических производств;

- исследования и оптимизации работы систем автоматического регулирования ХТП;
- разработки динамических моделей действующих технологических процессов, при создании тренажеров для операторов и инженеров химических производств [13].

1.4.3 PRO II

PRO II – это программный продукт, позволяющий инженерам-технологам воспользоваться всеми преимуществами электронно-вычислительных средств, предназначенных для выполнения точных расчетов массового и энергетического баланса с целью моделирования широкого диапазона установившихся процессов химического обогащения, переработки нефти, природного газа и твердых остатков.

Данный пакет позволяет сэкономить капитальные затраты и повысить производительность установок за счет возможности оценивания конструкции установки на фазе проектирования, модернизации существующих установок и оптимизации выхода готового продукта.

PRO II выполняет строгие расчеты материальных и тепловых балансов для широкого диапазона технологических процессов: от первичной сепарации нефти и газа до реакционно-ректификационных процессов.

Простая в использовании, программа PRO II позволяет эффективно решать задачи моделирования. Графический интерфейс пользователя PROVISION на основе Windows, является полностью интерактивной, удобной в использовании оболочкой для построения и корректировки как простых, так и самых сложных моделей PRO II.

Пользователь может выбрать интерактивный или периодический контроль хода вычислений и быстро просматривать их результаты в виде отчетов, графиков и таблиц.

PRO II имеет ряд опциональных дополнительных модулей, расширяющих ее функциональность.

Областями применения программы являются**:**

- проектирование новых процессов;
- сравнение альтернативных конфигураций установок;
- модернизация и реконструкция;
- оценка соответствия технологий требованиям экологии;
- расшивка узких мест и решение проблем эксплуатации;
- оптимизация и увеличение выходов продуктов и прибыльности предприятия.

Программа используется в широком диапазоне процессов: от определения характеристик сырья, расчетов блоков предварительного подогрева до сложных реакционных и разделительных процессов. Банк данных программы содержит сведения о более 1800 компонентах, свойства твердых веществ, банк данных электролитов, свойства более 3000 бинарных смесей, специальные пакеты (спирты, гликоли, кислые стоки), меркаптаны и пр. Предусмотрена возможность расчета свойств по структуре компонентов (можно сконструировать вещество из стандартных блоков и предсказать его основные свойства).

Примерами процессов, моделируемых PRO II, в контексте изучаемого предмета является:

- в нефтепереработке: атмосферная колонна первичной перегонки нефти; основная колонна каталитического крекинга; установка газоразделения; стабилизация легких фракций; установка вторичной перегонки бензина; реакторные узлы; очистка кислых стоков; вакуумные колонны; отгонка изобутана и др.;
- в газопереработке: аминовая очистка; установки каскадного охлаждения; компрессорные станции; установка детандирования; обезвоживание (дегидрация) газа; ингибирование гидратообразования; многоступенчатая сепарация и др.

- в нефтехимии: разделение ароматических углеводородов; ректификационная колонна установки получения этилена; разделение фракции C_3; этиленовая установка; получение МТБЭ; производство олефинов и др. [13].

1.4.4 Сравнение моделирующих программ

Средства компьютерного моделирования, которые могут быть использованы для разработки, анализа и проектирования новых производств и для анализа работы существующих, весьма многообразны. Они позволяют автоматизировать практически все стадии инженерного труда и свести к минимуму затраты рабочего времени, трудовых ресурсов и денежных средств. Очевидно, что конкурентное развитие техники и технологии невозможно без широкомасштабного использования таких средств моделирования как в проектных и исследовательских организациях, так и на производстве [12]. Сравнение возможностей ПМП приведено в Приложении Б.

Для разработки процедур и алгоритмов компьютерного моделирования сложных крупнотоннажных химических производств непрерывного действия целесообразно выбрать пакет программ HYSYS, т. к. он наделен такими свойствами как: простота применения; большое число программных модулей; полнота описания физико-химической сущности процессов; высокая сходимость алгоритмов вычислений; удобный графический интерфейс; обширная база данных с возможностью добавления пользовательских компонентов; открытая архитектура; возможность передачи данных в конструкторскую программу.

1.5 Постановка цели и задач исследования

Обзор литературы в области коррозии оборудования нефтеперерабатывающих предприятий показал, что сероводородная коррозия

представляет серьезную производственную проблему, приводящую к необратимому разрушению материалов, из которых изготовлены технологические аппараты и трубопроводы, что снижает срок службы оборудования, повышает расходы на его промывку и замену, увеличивает вероятность возникновения нештатных ситуаций связанных с коррозионным разрушением оборудования.

На установке каталитической депарафинизации дизельных топлив проблема сероводородной коррозии возникает на стадии фракционирования стабильного гидрогенизата на конечные продукты. Возникновение коррозии оборудования верхнего тракта ректификационной колонны и трубопроводов, соединяющих блок фракционирования с последующими технологическими стадиями, связано с неэффективной работой колонны стабилизации, расположенной до стадии фракционирования в технологической цепочке производства. По проекту, в колонне стабилизации сероводород, приходящий в колонну с реакторного блока и в составе бензина-отгона гидроочисток, должен полностью удаляться в составе верхнего продукта колонны и не попадать в стабильный гидрогенизат, который далее поступает в колонну фракционирования [9]. Сероводород в составе стабильного гидрогенизата в колонне фракционирования полностью концентрируется в верхнем продукте колонны – стабильном гидрогенизате – и, как следствие, приводит к коррозии.

Решить проблему коррозии на установке каталитической депарафинизации возможно повышением эффективности работы колонны стабилизации продукта процесса депарафизации, что является целью данной работы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить ряд задач: провести мониторинг процесса стабилизации на установке каталитической депарафинизации; разработать модель колонны стабилизации в среде HYSYS; с применением разработанной модели исследовать влияние расхода орошения в колонну на степень отделения сероводорода, влияние расхода рециркулирующего стабильного бензина в колонну на степень отделения

сероводорода, влияние расхода водородсодержащего газа в колонну, подобрать оптимальную схему направления потоков и оптимальных параметров эксплуатации колонны.

2 Объект и методы исследования

Объектом исследования является колонна стабилизации продукта процесса каталитической депарафинизации.

2.1 Характеристика колонны стабилизации, составы потоков, технологические параметры

Процесс стабилизации гидрогенизата осуществляется в колонне К-1. Колонна стабилизации характеризуется следующими параметрами: внутренний диаметр составляет 3200 мм; высота – 32505 мм. Колонна работает с установленными тарелками в количестве 20 штук. А именно, наверху – 8 двухпоточных, внизу – 12 четырехпоточных тарелок. Питание (нестабильный гидрогенизат) поступает на 12 тарелку. Технологические условия работы колонны стабилизации описаны в таблице 1 [14].

Таблица 1 – Технологические условия работы колонны К-1

Технологические параметры	Значение
Расход, кг/ч	
Нестабильный гидрогенизат	251139
Бензин-отгон гидроочисток	7574
Стабильный бензин в П-2	1628
Углеводородный газ из С-4	4763
Легкий бензин	15120
Стабильный гидрогенизат в К-2	240458
Острое орошение К-1	49928
Температура, °С	
Низ колонны К-1	313
Верх колонны К-1	99
Питание колонны К-1	236
Выход стабильного гидрогенизата из печи П-2	364

Продолжение таблицы 2

Горячей струи К-1	370
Давление, кПа	
Верх колонны К-1	660
Низ колонны К-1	670

В таблице 2 представлены составы входных и выходных потоков. В таблице 2 приняты следующие обозначения: НГ – нестабильный гидрогенизат; БГО – бензин-отгон гидроочисток; СБ – стабильный бензин; УВГ – углеводородный газ; ЛБ – легкий бензин [9].

Таблица 2 – Составы потоков колонны стабилизации К-1

	Приход в колонну К-1			Расход из колонны К-1		
Компонент	НГ	БГО	СБ	УВГ	ЛБ	СБ
н-парафины C_1-C_4	0,00	0,65	0,00	60,80	60,8	13,29
н-парафины C_5-C_9	2,23	16,60	16,62	7,46	7,46	30,66
н-парафины C_{10}-C_{27}	12,06	5,65	0,01	0,00	0,00	0,00
Олефины	1,01	0,51	1,82	0,00	0,00	2,83
Нафтены	28,1	29,14	30,76	0,00	0,00	6,89
и-парафины	33,01	41,79	42,03	25,57	25,57	45,20
МАУ	21,91	5,62	8,75	0,00	0,00	0,78
ПАУ	1,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Сероводород	0,1368	0,0379	0,0100	0,0100	6,1726	0,3460

В таблицах В.1 и В.2 приведены фракционный и покомпонентный составы соответственно.

2.2 Методика моделирования колонны стабилизации в HYSYS

Ректификация – массообменный процесс разделения жидких смесей, различающихся по температурам кипения, на составляющие вещества или группы составляющих веществ за счет одновременно протекающих и многократно повторяемых процессов частичного испарения и конденсации

разделяемой смеси на поверхности контакта фаз (противоточного многократного контактирования паров и жидкости.). Процесс осуществляется в большинстве случаев в противоточных колонных аппаратах с контактными элементами (насадки, тарелки).

Подбором контактных ступеней и параметров процесса (температурный режим, давление, соотношение потоков, флегмовое число и др.), можно добиться нужной четкости фракционирования нефтяных смесей.

В ректификационной колонне осуществляется непрерывный неравновесный процесс разделения исходной смеси на дистиллят (обогащенный легколетучим компонентом) и кубовый остаток (обогащен труднолетучим компонентом).

Основой расчета процесса однократного испарения или конденсации является определение доли пара (отгона) или доли конденсата многокомпонентной смеси при заданных температуре и давлении отгона (конденсации). Расчет основан на совместном итерационном решении уравнений материального баланса и уравнений равновесия пара и жидкости при заданных параметрах. Расчет используется для определения доли отгона сырья на входе в аппарат или для расчета температуры подачи сырья при фиксированной доле отгона [15].

Основным этапом при расчете колонны ретификации является определение ее основных геометрических параметров, таких как диаметр и высота. Эти параметры определяются гидродинамическим режимом работы колонны, который, в свою очередь, зависит от скоростей и физических свойств фаз, а также от типа тарелки или насадки.

Разработка модели колонны стабилизации производилась при использовании универсальной системы моделирования HYSYS. В основу программы заложены общие принципы расчетов материально-тепловых балансов технологических схем.

Процесс стабилизации состоит из стадий, на каждой из которых производится определенное воздействие на материальные потоки и

превращение энергии. Соединение элементов обеспечивает моделирование технологической схемы с соответствующими превращениями в системе.

Набор конструктивных и технологических параметров принят в качестве исходных при расчёте колонны. В рамках итерационных расчётов эти данные носят название начальных приближений. В них входят оптимальное флегмовое число, число тарелок, место ввода питания. В HYSYS расчёт начальных приближений для ректификационной колонны выполняется с помощью инструмента «Shurtcutcolumn» (или «Ускоренная дистилляция»).

В качестве исходных данных используем данные о фракционном составе потока, значения расходов и температур. Кроме того известны данные о давлении в системе: от 600–690 кПа. Число тарелок 20 шт., питающая тарелка – 12, контактные устройства представлены клапанными двух- и четырехпоточными тарелками.

Первым этапом является создание списка компонентов исходной смеси и продуктов. Затем выбирается термодинамический пакет. Термодинамическое поведение веществ и их фазовые состояния описывается набором сложных уравнений, связывающих между собой параметры состояния вещества (температура, давление, объём) и термодинамические характеристики (константы фазового равновесия, энтальпию, энтропию, плотность и др.).

Расчет углеводородных систем производится методом уравнения состояния Пенга-Робинсона. Это уравнение состояния с достаточной точностью описывает различные системы в широком интервале изменения условий. Используя это уравнение возможен расчет одно-, двух- и трехфазных систем [9]. Для характеристики потоков используется «Диспетчер нефти». Это специальная среда для моделирования потоков на основе фракционного состава и других результатов лабораторного исследования образцов. Таким образом, смесь моделируется, как набор узких фракций, каждая из которых описывается так называемым псевдокомпонентом с определёнными свойствами (молекулярный вес, температура кипения и т.д.). Далее водятся экспериментальные данные по составу потоков. В среде характеристики

потоков («Диспетчер нефти») заносятся данные: плотность образца, кривая разгонки, кривая плотности, кривая молекулярного веса, состав газовой части. Метод перегонки нефтепродуктов выбран стандартный – ASTM D86 при атмосферном давлении. После на графический экран PFD инсталлируется колонна, задаются ее конструкционные параметры и режим работы. Модель колонны – “Distillation Column” с дефлегматором и кипятильником.

Далее проводится расчет колонны до тех пор, пока модель не станет адекватной, т.е. составы потоков и режим колонны не будет соответствовать экспериментальным данным с допустимой степенью погрешности [9].

3 Расчеты и аналитика

3.1 Мониторинг работы колонны стабилизации на установке каталитической депарафинизации

Проведен мониторинг работы колонны стабилизации установки депарафинизации с целью определения влияния расходов орошения и стабильного бензина (испарителя) в колонну.

В период до ноября 2015 года стабильный бензин подавался в колонну через печь, что ограничивало его расход до 5 м^3/ч из-за мощности насоса. В результате переобвязки колонны (изменение направления подачи стабильного бензина напрямую в колонну, минуя печь) его расход удалось увеличить до 22 м^3/ч.

Таким образом, после переобвязки колонны расход рециркулирующего стабильного бензина в низ колонны увеличился с 2,2–4,2 до 17,0–22,0 м^3/ч, что позволило существенно снизить содержание сероводорода в стабильном бензине с установки с 0,0009–0,0015 до 0,0004–0,0008 % мас. (рис. 1).

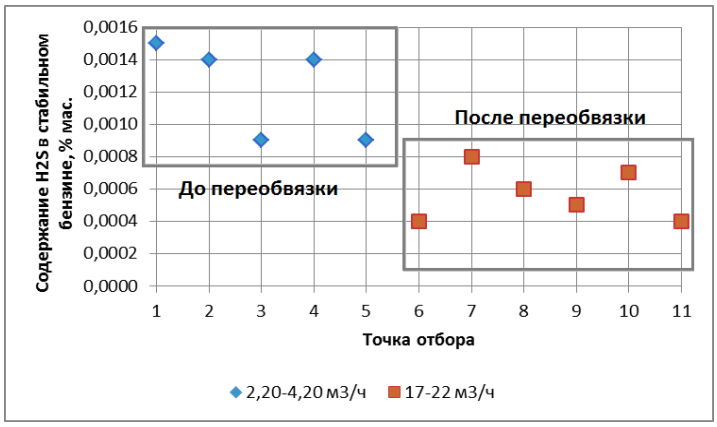


Рисунок 1 – Влияние увеличения расхода рециркулирующего стабильного бензина за счет переобвязки колонны

Мониторинг работы установки депарафинизации позволил установить зависимость содержания сероводорода в стабильном бензине с установки от расхода орошения и рециркулирующего стабильного бензина в низ колонны.

Так, при расходе орошения 76 $м^3$/ч (табл. 3) содержание сероводорода в стабильном бензине изменяется в диапазоне от 0,0009 до 0,0014 % мас. при изменение расхода стабильного бензина от 3,5 до 3,8 $м^3$/ч.

Таблица 3 – Содержание сероводорода в стабильном бензине установки депарафинизации до переобвязки

Дата	Стабильный бензин в К-1, $м^3$/ч	Расход орошения, $м^3$/ч	H_2S в стабильном бензине, % мас.
13.01.2015	2,20	79	0,0015
03.02.2015	4,20	72	0,0014
05.02.2015	4,20	71	0,0009
11.02.2015	3,80	76	0,0014
17.02.2015	3,50	76	0,0009

Аналогичная зависимость наблюдается и при работе установки депарафинизации после переобвязки. Так, при расходе орошения 78 $м^3$/ч (табл. 4) содержание сероводорода в стабильном бензине изменяется в диапазоне от 0,0006 до 0,0008 % мас. при изменение расхода стабильного бензина от 20 до 22 $м^3$/ч.

Таблица 4 – Содержание сероводорода в стабильном бензине установки депарафинизации после переобвязки

Дата	Стабильный бензин в К-1, $м^3$/ч	Расход орошения, $м^3$/ч	H_2S в стабильном бензине, % мас.
23.11.2015	18	82	0,0004
25.11.2015	20	78	0,0008
26.11.2015	22	78	0,0006
27.11.2015	22	81	0,0005
30.11.2015	20	90	0,0007
07.12.2015	17	88	0,0004

Также, анализ мониторинговых данных показал, что содержание сероводорода в стабильном бензине с установки зависит от расхода орошения колонны. Так, при постоянном расходе рециркулирующего стабильного

бензина, равном 4,2 м^3/ч, содержание сероводорода меняется от 0,0009 до 0,0014 % мас. при расходе орошения 71 и 72 м^3/ч соответственно (табл. 3).

Такая же закономерность наблюдается и при работе установки депарафинизации после переобвязки. Так, при постоянном расходе рециркулирующего стабильного бензина, равном 22 м^3/ч, содержание сероводорода меняется от 0,0005 до 0,0006 % мас. при расходе орошения 78 и 81 м^3/ч соответственно (табл. 4).

3.2 Исследование влияния факторов, влияющих на степень отделения сероводорода в колонне стабилизации

Объединение разработанной математической модели процесса гидродедепрафинизации с моделью колонны стабилизации (рис. 2) позволяет количественно оценить влияние расходов орошения и рециркулирующего стабильного бензина в колонну на содержание сероводорода в стабильном бензине с установки с учетом взаимосвязи процессов и аппаратов реакторного блока и блока стабилизации.

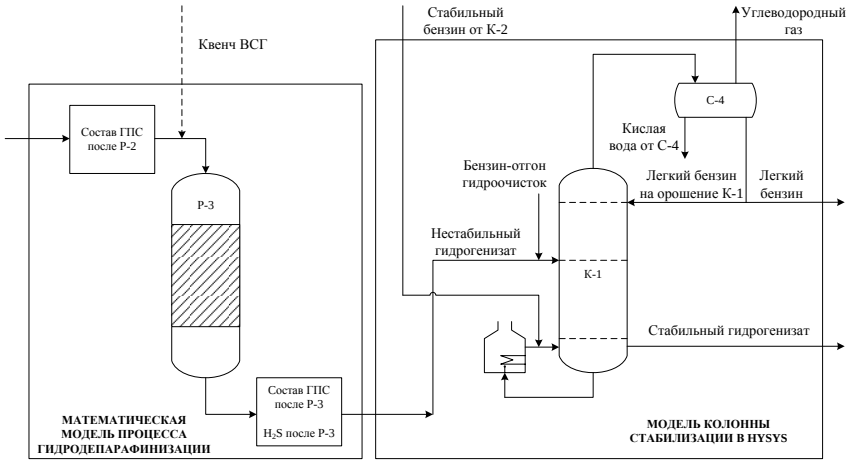


Рисунок 2 – Схема совместной работы и моделирования реактора и колонны стабилизации процесса депарафинизации

Исследование влияния технологических параметров осуществилось при различных схемах потоков (рис. 3,5,7):

- Схема потоков-1 – в колонну подается только острое орошение (ЛБ на орошение К-1);
- Схема потоков-2 – в колонну подается острое орошение (ЛБ на орошение К-1) и стабильный бензин в низ колонны (СБ от К-2);
- Схема потоков-3 – в колонну подается острое орошение (ЛБ на орошение К-1), стабильный бензин в низ колонны (СБ от К-2), ВСГ.

Результаты расчетов на модели представлены на рис. 4,6,8.

3.2.1 Исследование влияния расхода орошения в колонну на степень отделения сероводорода

Проведен расчет содержания сероводорода в стабильном бензине при разном содержании сероводорода (от 0,0012 до 0,0028 % мас.) в нестабильном гидрогенизате.

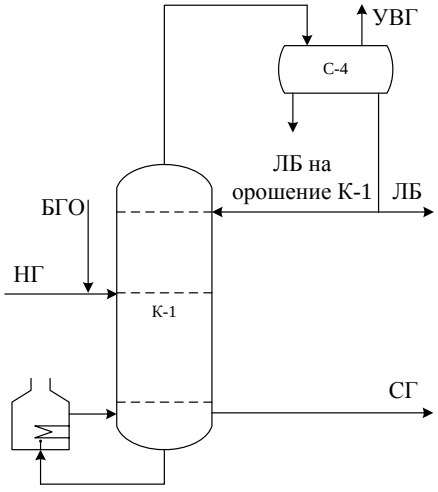


Рисунок 3 – Схема потоков-1 в колонну К-1

НГ – нестабильный гидрогенизат; СГ – стабильный гидрогенизат;
БГО – бензин-отгон гидроочисток; СБ от К-2 – стабильный бензин от колонны К-2; ВСГ – водородсодержащий газ; ЛБ – легкий бензин;
УВГ – углеводородные газы (для рис. 5,7 приняты аналогичные сокращения)

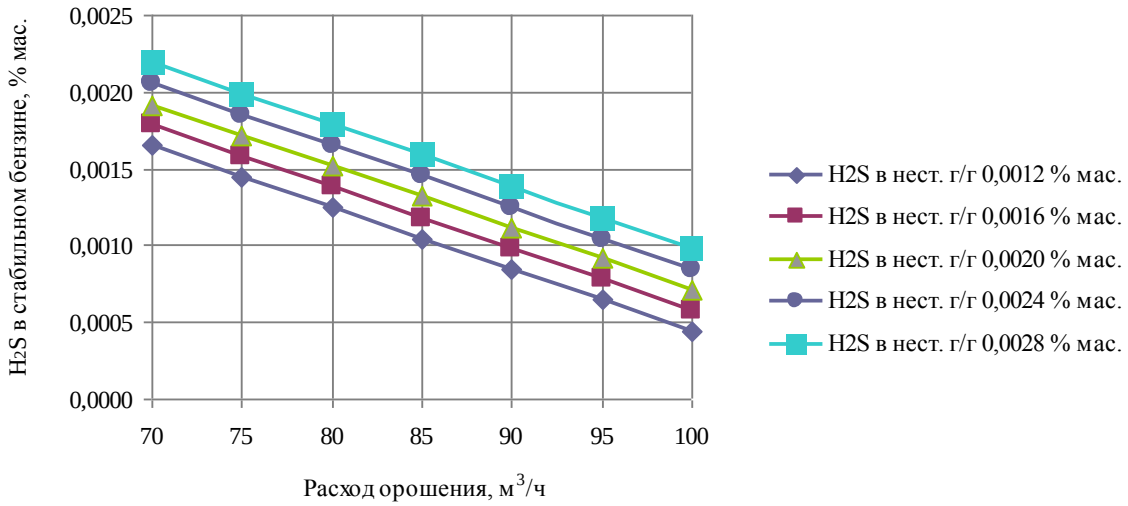


Рисунок 4 – Влияние расхода орошения на содержание сероводорода в стабильном бензине с установки

При варьировании расхода орошения в колонну стабилизации К-1 в диапазоне 70-100 м^3/ч по рисунку 3 видно, что с увеличением расхода острого орошения содержание сероводорода в стабильном бензине с установки резко снижается: с 0,0022 до 0,0005 % мас. В среднем фиксируется уменьшение содержания сероводорода приблизительно в 4 раза. Увеличение расхода острого орошения в колонну стабилизации не приводит к полному отделению сероводорода [16].

3.2.2 Исследование влияния расхода рециркулирующего стабильного бензина в колонну на степень отделения сероводорода

Исследовано изменение содержания сероводорода в составе стабильного бензина в зависимости от количества стабильного бензина, вводимого в низ колонны, для нестабильного гидрогенизата с разным содержанием сероводорода (рис. 6).

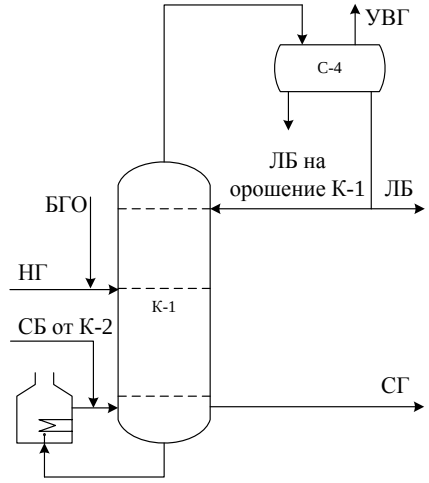


Рисунок 5 – Схема потоков-2 в колонну К-1

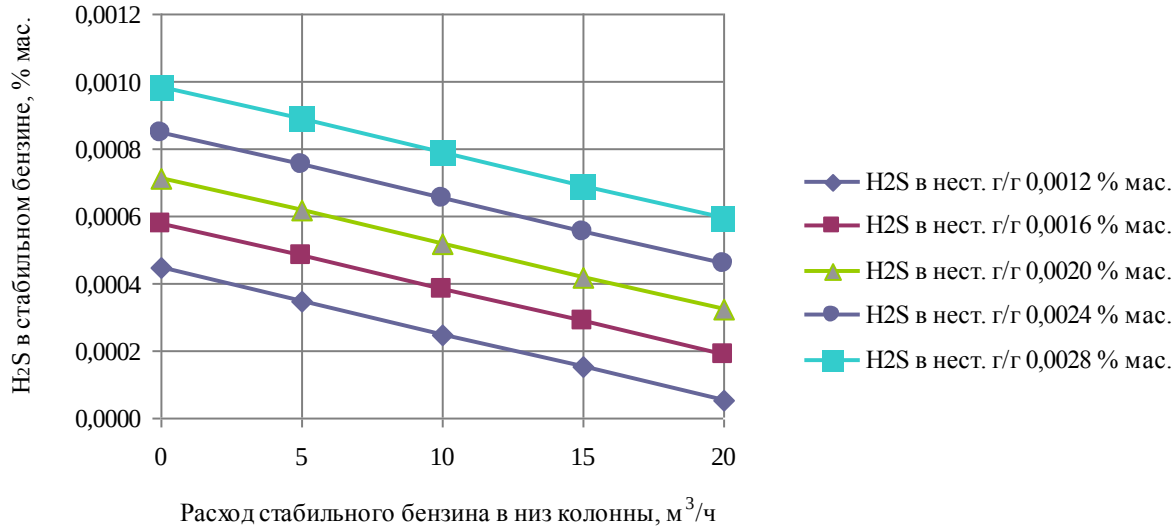


Рисунок 6 – Влияние расхода рециркулирующего стабильного бензина на содержание сероводорода в стабильном бензине с установки (расход орошения принят равным 100 м^3/ч)

Исходя из полученных данных, представленных на рис. 6 следует, что увеличение парового потока, за счет повышения расхода рециркулирующего стабильного бензина в низ колонны К-1с 0 до 20 м^3/ч способствует снижению содержания сероводорода в стабильном бензине с 0,0010 до 0,0001 % масс. в зависимости от содержания сероводорода в сырье колонны.

При добавлении стабильного бензина в количестве 10 м^3/ч фиксируется максимальная степень отделения сероводорода, но наблюдается присутствие

H_2S в стабильном бензине в особенности для нестабильного гидрогенизата с более высоким содержанием сероводорода (0,0028 % мас.).

3.2.3 Исследование влияния расхода водородсодержащего газа в колонну на степень отделения сероводорода

Наиболее эффективного отделения сероводорода с легкими углеводородами можно достичь путем введения в поток сырья водородсодержащего газа в качестве дополнительного испаряющего компонента. Было проведено исследование влияния расхода ВСГ в колонну в пределах 0–300 $м^3$/ч на присутствие H_2S в стабильном бензине. Схема подачи водородсодержащего газа изображена на рис. 7.

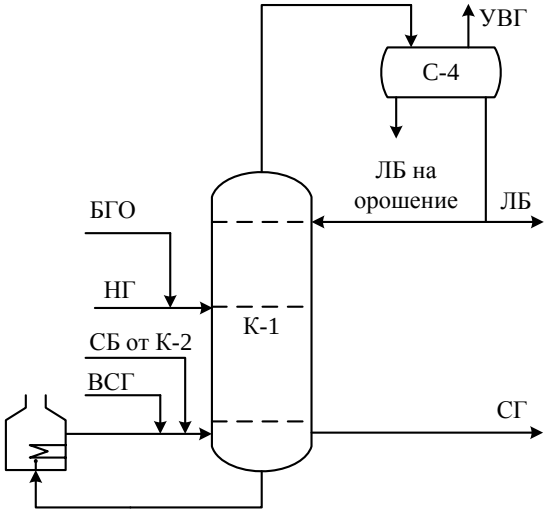


Рисунок 7 – Схема потоков-3 в колонну К-1

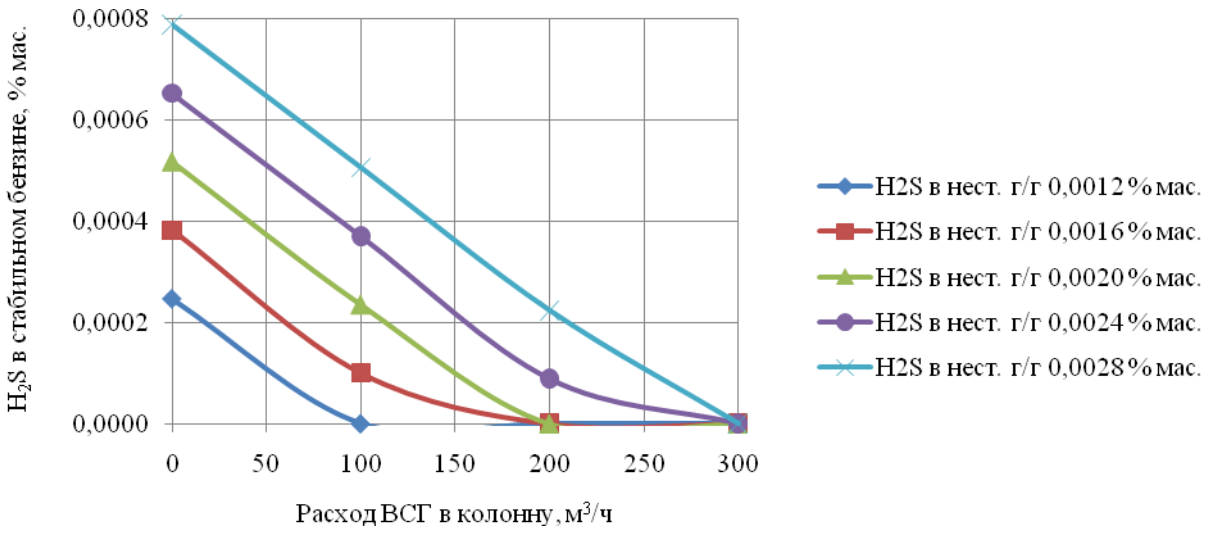


Рисунок 8 – Влияние расхода ВСГ на содержание сероводорода в стабильном бензине с установки (расход орошения принят равным 100 м^3/ч, расход стабильного бензина в низ колонны 10 м^3/ч)

Как видно из рис. 8 при увеличении расхода ВСГ в колонну с 100 до 300 м^3/ч содержание сероводорода в стабильном бензине с установки в зависимости от содержания сероводорода в сырье колонны снижается с 0,0008 % мас. до показателя «отсутствие». Для сырья с более низким содержанием сероводорода (0,0012 % мас.) отсутствия H_2S достигается при добавлении во входной поток 100 м^3/ч ВСГ. Для достижения аналогичного результата с сырьём, которое содержит большее количество сероводорода (0,0028 % мас.) необходимо увеличить расход ВСГ до 300 м^3/ч.

Таким образом, добавление водородсодержащего газа в низ колонны стабилизации К-1 в качестве дополнительного испаряющего агента позволяет добиться отсутствия сероводорода в стабильном гидрогенизате и уменьшить коррозионную активность стабильного бензина, выделяемого в колонне ректификации на следующей стадии производства.

4 Результаты проведенного исследования

4.1 Опытный пробег по исследованию работы колонны стабилизации на установке каталитической депарафинизации

В ноябре-декабре 2015 г. на установке каталитической депарафинизации проводился опытный пробег с целью определения оптимальных параметров работы колонны для получения стабильного бензина с показателем качества «содержание сероводорода – отсутствие» за счет подачи испарителя в колонну стабилизации К-1.

Расчетами на модели и по результатам проведения опытного пробега на установке депарафинизации определены оптимальные режимы работы колонны стабилизации К-1 в зависимости от состава сырья колонны стабилизации, при которых максимально удаляются легкие углеводороды и сероводород из К-1 с газом и легким бензином с верха колонны, и сероводород в стабильном гидрогенизате отсутствует: расход орошения 85–115 $м^3$/ч, расход стабильного бензина 14–17 $м^3$/ч. Таким образом, расчеты на модели совпали с результатами опытного пробега на установке с небольшой погрешностью в до 5 $м^3$/ч по расходу орошения.

Но, несмотря на то, что сероводород в стабильном гидрогенизате фактически отсутствует (<0,0002 % мас.), при его разделении на фракции в колонне К-2 сероводород присутствует в стабильном бензине с установки в количестве от 0,0004 до 0,0008 % мас.

Расчетами на модели показано, что введение 100–300 $м^3$/ч водородсодержащего газа (в зависимости от состава сырья колонны стабилизации) позволяет достичь показателя качества стабильного бензина с установки «содержание сероводорода – отсутствие» [17]. Схема подачи ВСГ в колонну К-1 представлена на рис. 7.

4.2 Подбор оптимальной схемы направления потоков в колонну и оптимальных параметров эксплуатации колонны

Учитывая мониторинг, данные по опытному пробегу и результаты расчета объединенной системы процесса гидродепарафинизации и колонны стабилизации при разных схемах направления потоков в колонну К-1 и составах нестабильного гидрогенизата (содержание H_2S 0,0012 – 0,0028 % мас.) можно придти к выводу, что оптимальная схема потоков – схема направления потоков 3. Данная схема предполагает введение потоков стабильного бензина и водородсодержащего газа.

Оптимальный расход орошения принимается равным – 100 $м^3$/ч, расход стабильного бензина – 10 $м^3$/ч. Расход ВСГ выбирается по количественному содержанию сероводорода в нестабильном гидрогенизате: для сырья с более низким содержанием сероводорода (0,0012 % мас.) отсутствия H_2S достигается при добавлении в низ колонны 100 $м^3$/ч; для сырья, которое содержит большее количество сероводорода (0,0028 % мас.) необходимо увеличивать расход ВСГ до 300 $м^3$/ч.

Показано, что рассматриваемый аппарат – колонна стабилизации – работает не эффективно. Это выражается низкой степенью разделения легких компонентов и сероводорода, вследствие чего в выходном потоке колонны стабилизации наблюдается повышенное содержание сероводорода [5]. Данный поток проходит стадию ректификации, где одним из продуктов выделяется стабильный бензин с большим содержанием сероводорода, что в значительной степени увеличивает риск коррозии верха ректификационной колонны. Для решения описанной проблемы нужно совершенствовать схему направления потоков в колонну стабилизации.

Добиться отсутствия сероводорода в стабильном гидрогенизате и вывода его в составе углеводородного газа и легкого бензина из верхней части колонны возможно, если в колоне стабилизации получится создать мощный паровой поток [18]. Проведенные исследования подтверждают, что этого

можно достигнуть повышением расхода острого орошения, совершенствованием схемы направления потоков в колонну путем возврата части стабильного бензина с блока ректификации в низ колонны К-1 и добавления ВСГ в низ колонны К-1.

При оптимальном варианте содержание сероводорода в стабильном гидрогенизате снижается до следовых количеств, и, как следствие, повышается коррозионная безопасность продукта, повышается ресурсоэффективность установки каталитической депарафинизации за счет продления срока службы оборудования и трубопроводов, а также снижается возникновения нештатных ситуаций вследствие коррозийного разрушения оборудования.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Проект направлен на разработку математической модели в для исследования стадии стабилизации продукта процесса каталитической депарафинизации средних дистиллятов.

Целью данного раздела в бакалаврской работе является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта, разработка механизма управления и сопровождения конкретных проектных решений на этапе реализации.

Достижение цели обеспечивается решением следующих задач:

- оценки коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований соответствующих требованиям в области ресурсоэффетивности;
- организация работ по научно-исследовательскому проекту;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования [19].

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

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование [19]. В Приложении Г представлена карта сегментирования рынка (критерии: размер компании-заказчика, вид оказываемой услуги) с применением математической

модели колонны стабилизации продукта процесса каталитической депарафинизации средних дистиллятов.

С учетом специфики рынка была проведена сегментация случае. Это позволяет визуализировать рыночную ситуацию и упростить выбор стратегически важных сегментов. По рисунку Г.1 сегментированию рынка видно, какие ниши на рынке услуг по применению математической модели не заняты конкурентами или где уровень конкуренции низок.

Анализ конкурирующих разработок анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

В приложении Д представлен сравнительный анализ модели, разработанной в рамках выполнения ВКР конкурентной модели[5],выполненной в 2014 году.

Анализ конкурентных технических решений определяется по формуле: ,

$$K = \sum B_i * Б_i, \quad (1)$$

где К – конкурентоспособность научной разработки или конкурента;

В*i*– вес показателя (в долях единицы);

Б*i*– балл *i*-го показателя.

Разрабатываемый проект конкурентоспособен на рынке, главным преимуществом которой является чувствительность к составу перерабатываемого сырья, гарантия послепродажного обслуживания Уязвимомость - критерий «Наличие сертификации разработки». Слабость позиции конкурентов обусловлена низкими значениями по следующим критериям: Повышение производительности труда пользователя, цена.

SWOT-анализ применяется для того, что бы комплексно оценить проект. В результате выявляются сильные и слабые стороны проекта, определяются возможности и угрозы для его реализации, которые проявились или могут появиться в его внешней среде. Матрица SWOT-анализа приведена в Приложении Е.

По результатам SWOT-анализа, который представлен в таблице Е.2, были определены сильные, слабые стороны проекта, так же угрозы и возможности. Проанализировано то, как можно компенсировать слабые стороны проекта за счет его возможностей и нейтрализовать угрозы с помощью сильных сторон проекта.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

В приложении Ж составлен перечень этапов и работ в рамках проведения научного исследования, проведено распределение исполнителей по видам работ.

Ожидаемая трудоемкость выполнения [19]:

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

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

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

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

Ожидаемая трудоемкость для этапов работы приведенных в таблице Ж.1 рассчитывается по формуле (2):

$$t_{ожi} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 2}{5} = 2.4\,\text{чел.}-\text{дн.}$$

Для этапов 2 – 14 расчет производится аналогично. Результаты представлены в Приложении И.

Продолжительность каждой работы в рабочих днях [19]:

$$T_{pi} = \frac{t_{ожi}}{Ч_i}, \quad (3)$$

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

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

Продолжительность каждого этапа работы приведенных в таблице Ж.1 рассчитывается по формуле (3):

$$T_{pi} = \frac{2.4}{1}$$

Для этапов 2 – 14 расчет аналогичен. Результаты в Приложении И.

Для удобства построения графика, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней следует перевести в календарные дни. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой [19]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (4)$$

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

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

$k_{кал}$– коэффициент календарности.

Продолжительность выполнения каждого этапа работы приведенных в Табл.Ж.1 рассчитывается по формуле (4).

Для этапов 2-14 расчет ведется аналогично. Результаты в Приложении И.

Коэффициент календарности [19]:

$$k_{кал} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}}, \quad (5)$$

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

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

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

$$k_{кал} = \frac{366}{366 - 119}$$

Все рассчитанные значения представлены в Приложении И.

Исходя их данных в Приложении И, строится календарный план-график, который приведен в Приложении К.

5.3 Бюджет научно-технического исследования

Материальные затраты рассчитываются по формуле [19]:

$$З_м = (1 + k_т) \cdot \sum_{i=1}^{m} Ц_i \cdot N_{расхi}, \quad (6)$$

где m– количество видов материальных ресурсов,;

$N_{расхi}$– количество материальных ресурсов *i*-го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования);

$Ц_i$ – цена приобретения единицы *i*-го вида потребляемых ресурсов

$k_т$– коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты на приобретение тетради рассчитываются по формуле (6):

$$З_м = (1 + 8) \cdot 40 \cdot 1$$

Для остальных видов материальных ресурсов расчет аналогичен.

Результаты в табл.5 (в табл.5 приняты следующие обозначения: Р - руководитель, Б - бакалавр).

Таблица 5 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество		Цена за ед. с НДС, руб.		Затраты на материалы, ($З_м$), руб.	
		Р	Б	Р	Б	Р	Б
Тетрадь	шт.	1	2	40	40	360	720
Ручка	шт.	1	4	50	50	550	2200
Флешка	шт.	1	1	250	250	12750	12750
Картридж для принтера	мл	100	100	8	8	2080	2080
Бумага	листов	500	600	0,45	0,45	245,25	294,3
Скоросшиватель	шт.	1	3	35	35	280	840
Итого						16265	18884

Расчет затрат на приобретение программного обеспечения (ПО) в таблице 6.

Таблица 6 – Расчеты затрат на приобретение ПО

Наименование ПО		Стоимость ПОс НДС, руб.	
Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2
Microsoftoffice	Microsoftoffice	3590	3590
-	Aspen HYSYS		49780
Итого:		3590	53370

Расчет основной заработной платы представлен в таблице 7.

Таблица 7 – Расчёт основной заработной платы

№	Наименование этапов	Исполнители по категориям	Трудоемкость, чел.-дн.	Заработная плата, на один чел.-дн., тыс.руб.	Всего заработная плата по окладам без $к_р$, тыс. руб.
1	Разработка технического задания, выбор направления исследований, оценка результатов, разработка математической модели	Руководитель, к.т.н.	31	1,317	40,815
2	Теоретические и экспериментальные исследования, расчет на разработанной модели, оформление отчета по НИР	Бакалавр	75	0,181	13,548
Итого					54,363

$$С_{зп} = З_{осн} + З_{доп}, \quad (7)$$

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

$З_{доп}$– дополнительная заработная плата.

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

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot Т_{раб}\ ,(8)$$

В ТПУ$З_{осн}$=$З_б$*$к_р$(8*)

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

$Т_{раб}$ – продолжительность работ, раб. дн,

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

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$З_{дн} = \frac{З_м \cdot М}{F_д},\ (9)$$

где $З_м$ – месячный должностной оклад работника, руб.;

М – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

$F_д$ – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб.дн. (табл. 8).

Таблица 8 – Баланс рабочего времени

Показтели рабочего времени	Руководитель	Бакалавр
Календарные дни	366	366
Количество нерабочих дней (выходные и праздничные дни)	119	119
Потери рабочего времени (отпуск, невыходы по болени)	92	92
Действительный годовой фонд рабочего времни	155	155

Месячный должностной оклад работника [19]:

$$З_м = З_б \cdot к_р,\ (10)$$

где $З_б$– заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$к_р = 1{,}3$– районный коэффициент.

В таблице 9 приведены расчёт основной заработной платы.

Таблица 9 – Расчёт основной заработной платы

Исполнители	$З_б$, руб.	$k_р$	$З_м$, руб.	$З_{дн}$, руб.	$Т_р$, раб. дн.	$З_{осн}$,руб.
Руководитель	18221	1,3	23687,3	1711,6	155	265298
Бакалавр	2500	1,3	1950	140,9	155	21840

Дополнительная заработная плата рассчитывается исходя из 12-15% от основной заработной платы, работников, непосредственно участвующих в выполнение темы [19]:

$$З_{доп} = k_{доп} \cdot З_{осн}, \quad (11)$$

где $З_{доп}$ – дополнительная заработная плата, руб.;

$k_{доп}$ – коэффициент дополнительной зарплаты (13 % от $З_{осн}$) ;

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

Результаты расчета в таблице 10.

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

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы [19]:

$$З_{внеб} = k_{внеб} \cdot (З_{осн} + З_{доп}), \quad (12)$$

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

На 2014 г. в соответствии с Федерального закона от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1% [19].

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

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

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

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

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) * k_{нр} \qquad (13)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, который учитывает накладные расходы. (Принимается как 16%).Результаты расчета в таблице 10.

Рассчитанная величина затрат научно-исследовательской работы (темы) является основой для формирования бюджета затрат проекта, который при формировании договора с заказчиком защищается научной организацией в качестве нижнего предела затрат на разработку научно- технической продукции [19].

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект по каждому варианту исполнения приведен в таблице 10.

Таблица 10 – Расчет бюджета затрат НТИ

Наименование статьи	Руководитель	Бакалавр
Материальные затраты	16265	1884
Затраты на специальное оборудование	3590	53370
ЗП основная	265298	21840
ЗП дополнительная	34489	2839
Отчисления во ВнФ	81242	-
Продолжение Табл.7		
Наименование статьи	Руководитель	Бакалавр
Затраты на научные командировки	-	-
Контрагентные расходы	-	-
Накладные расходы	64141	12789
Бюджет НТИ	383783	92722
Итого	476506	

Согласно полученным результатам бюджет затрат НТИ составляет 476506 рублей.

5.4 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 [19]:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп},i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{max}}, \quad (14)$$

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

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

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

$$I_{\text{ф}}{}^{1} = 1477048/2770452 = 0.53;$$

$$I_{\text{ф}}^{1} = 955012/1429518 = 0{,}67;$$

$$I_{\text{ф}}^{2} = 714759/1429518 = 0{,}49;$$

$$I_{\text{ф}}^{3} = 1429518/1429518 = 1$$

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

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице Л.1.

$$I_{\text{р.}-\text{исп1}} = 0{,}10 \cdot 4 + 0{,}15 \cdot 2 + 0{,}10 \cdot 4 + 0{,}20 \cdot 4 + 0{,}25 \cdot 5 + 0{,}20 \cdot 3 = 3{,}75;$$

$$I_{\text{р.}-\text{исп2}} = 0{,}10 \cdot 5 + 0{,}15 \cdot 3 + 0{,}10 \cdot 4 + 0{,}20 \cdot 4 + 0{,}25 \cdot 3 + 0{,}20 \cdot 4 = 3{,}70;$$

$$I_{\text{р.}-\text{исп2}} = 0{,}10 \cdot 3 + 0{,}15 \cdot 4 + 0{,}10 \cdot 5 + 0{,}20 \cdot 4 + 0{,}25 \cdot 5 + 0{,}20 \cdot 4 = 4{,}25$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется [19]:

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{испi}$) определяется [19]:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{I_{\text{р}-\text{исп}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} \quad I_{\text{исп1}} = \frac{I_{\text{р}-\text{исп}}}{I_{\text{финр}}^{\text{исп1}}} \text{ и т.д., } (15)$$

$$I_{\text{исп1}} = \frac{3.75}{0.67} = 5.60; \quad I_{\text{исп1}} = \frac{3.70}{0.49} = 7.55; \quad I_{\text{исп1}} = \frac{4.25}{1} = 4.25;$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволит определить сравнительную эффективность проекта и выбрать наиболее целесообразный вариант из предложенных. Сравнительная эффективность проекта ($Э_{ср}$) [19]:

$$Э_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (16)$$

Результаты расчета сравнительной эффективности проекта представлены в Приложении Л (табл. Л.2)

В результате проведенной работы была создана конкурентоспособная разработка, отвечающая современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

6 Социальная ответственность

Одной из важнейших ролей в вопросе обеспечения безопасности жизнедеятельности является социальная ответственность работодателей. Охрана труда является системой, которая включает в себя следующие мероприятия: правовые, социально-экономические, санитарно-гигиенические, организационно-технические и другие.

К нормативным актам, регулирующих вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации. Трудовой кодекс, охватывает вопросы от правового возникновения трудовых отношения, до детального рассмотрения трудового договора, времени отдыха и профессиональной подготовки работника, охраны труда, разрешения трудовых споров и т.д.

При выполнении выпускной квалификационной бакалаврской работы наиболее важные разделы – это разделы, связанные с рабочим местом. Рабочее место должно соответствовать требованиям и быть защищенным от вредных и опасных производственных факторов и его организация должна соответствовать антропометрическим, социальным, физическим данным работника. Для сохранения и поддержания здоровья работников, применяют комплексные меры. Они включают в себя средства индивидуальной защиты, которые обеспечивают механическую, термическую, биологическую, химическую, электрическую и радиационную безопасность.

6.1 Анализ выявленных опасных и вредных факторов в рабочей зоне

Объектом исследования является колонна стабилизации установки каталитической депарафинизации дизельных топлив Л-24-10/2000.

Установка Л-24-10/2000 относится к взрывоопасным, пожароопасным и вредным производствам. В процессе глубокой переработки нефтяного сырья

образуются вредные газы и пары нефтепродуктов. Блок стабилизации - предназначен для стабилизации гидрогенизата и удаления из него сероводорода и растворенных газов.

К опасным и вредным факторам производства на установке депарафинизации на стадии стабилизации относятся: микроклимат производственных помещений, освещение, вибрация, шум, электромагнитные излучения и поля, вредные вещества, тяжесть и напряженность труда.

Экспериментальная часть бакалаврской работы осуществлялась на персональном компьютере (далее ПК) при работе с различными программными обеспечениями на кафедре химической технологии топлива и химической кибернетики. Рабочая зона – аудитория, оборудованная системами отопления, кондиционирования воздуха и естественным и искусственным освещением. Также в данном помещении есть аптечка первой медицинской помощи, огнетушитель. Рабочее место – стационарное, оборудованное ПК.

При использовании вычислительной техники возможно проявление следующих вредных и опасных факторов: перенапряжение зрительных анализаторов; монотонность труда, эмоциональные перегрузки; повышенный уровень электромагнитных излучений; статические физические перегрузки костно-мышечного аппарата и локальны динамические перегрузки мышц кистей рук; повышенная яркость света; пониженная ионизация воздуха; повышенное напряжение в электрической цепи и т.д. Далее будут рассмотрены нормы и ограничения, применимые к наиболее важным факторам производства.

6.1.1 Микроклимат производственных помещений

На работоспособность и здоровье человека оказывают влияние параметры микроклимата на рабочем месте (температура, влажность, скорость движения воздуха, температура рабочих поверхностей, тепловое излучение), которые определяют теплообмен организма человека.

Оптимальные и допустимые параметры микроклимата в зависимости от характера производственного помещения, времени года и категории выполняемой работы устанавливает [20].

Выполняемые работы в помещении соответствуют категории 1а (легкие физические работы, производимые сидя или связанные с ходьбой, но не требующие систематического напряжения или поднятия и переноски тяжестей). Параметры микроклимата рабочей зоны должны соответствовать оптимальным или допустимым параметрам, значения которых приведены в таблице 11.

Таблица 11 – Параметры микроклимата рабочей зоны [20].

Параметры	Оптимальное значение		Допустимое значение	
	Период года		Период года	
	Холодный	Теплый	Холодный	Теплый
Температура воздуха, ^{0}C	22-24	23-25	20-21,9 24,1-25,0	21,0-22,9 25,1-28,0
Относительная влажность	40-60	40-60	15-75	15-75
Скорость движения воздуха, м/сек	0,1	0,1	0,1	0,1-0,2
Температура поверхностей, ^{0}C	21-25	22-26	19-26	20,0-29,0
Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Ia (до139)	Ia (до139)	Ia (до139)	Ia (до139)

Для создания нормальных метеорологических условий и для обеспечения допустимого содержания токсичных продуктов (паров, газов, пыли) в воздухе рабочей зоны применяется искусственная и естественная вентиляции.

6.1.2.Освещение

Важное место в комплексе мероприятий по созданию условий труда, занимает создание оптимальной световой среды, т.е. рациональная организация естественного и искусственного освещения помещения и рабочих мест.

Согласно [21] в помещениях для эксплуатации ПК организовано естественное освещение через светопроемы, обеспечивающее коэффициенты естественной освещенности (КЕО) не ниже 1,5%. Искусственное освещение представлено комбинированной системой. Источником искусственного освещения рекомендуется использовать люминесцентные лампы. Нормируемыми параметрами искусственного освещения являются [8]: минимальная освещенность рабочего места; коэффициент пульсации; показатель ослепленности, которые устанавливается в зависимости от точности зрительной работы, контраста объекта с фоном и характеристики фона, системы освещения и типа ламп. Поскольку монитор ПК также является источником света, то рекомендуется в целях снижения мерцания экрана устанавливать частоту кадров 60 Гц для ЖКИ-мониторов.

Для обеспечения нормируемых значений освещенности в помещениях для использования ПЭВМ следует проводить чистку стекол оконных рам и светильников не реже двух раз в год и проводить своевременную замену перегоревших ламп.

Рабочий стол рекомендуется устанавливать таким образом, чтобы световой поток был направлен слева от работника.

6.1.3 Уровень акустического шума и вибрации

Шум, как раздражающий фактор, оказывает неблагоприятное воздействие на организм человека.

На установке депарафинизации источниками шума и вибрации являются насосы и компрессоры.

Система защиты от источников вибрации включает в себя: фундаменты большей массы, чем установленное на них оборудование; раздельное расположение фундаментов оборудования и технологических зданий; использование демпфирующих устройств

При работе с ПК возможно появление нервного напряжения и снижение работоспособности. Источники шума - процессор компьютера, электролампы, системы вентиляции и отопления.

В соответствии [22] уровень шума на рабочем месте пользователей ПК не должны превышать значений 50 дБА. В помещениях всех типов образовательных учреждений, в которых эксплуатируются ПЭВМ, уровень вибрации не должен превышать допустимых значений в соответствии с [23]. Рабочее место не имеет собственных источников вибрации, но испытывает общетехнологические воздействия. Следовательно, согласно классификации [23] по источнику возникновения вибрации, рабочее место относится к Категории 3 и Типу В.

6.1.4 Содержание вредных химических веществ

Необходимо уделить внимание нормам ПДК вредных химических веществ, так как рабочее место располагается на кафедре, оснащенной оборудованием для проведения работ с химическими реактивами. Согласно [24] рабочая зона представляет собой пространство высотой до двух метров над уровнем пола или площади, на которой находятся места постоянного или временного пребывания работающих. Содержание вредных химических веществ в воздухе помещений, предназначенных для использования ПЭВМ во всех типах образовательных учреждений, не должно превышать предельно допустимых среднесуточных концентраций для атмосферного воздуха в соответствии с источником [24].

На установке депрафинзации присутствуют вредные вещества такие, как водород, сероводород, аммиак, углеводородные газы, пары

нефтепродуктов, топливный газ и т.д., токсичные свойства которых представлены в таблице 12.

Присутствие водорода и сероводорода в системе вызывает коррозию аппаратуры. Водородная коррозия опасна в связи с изменением структуры стали, из которой изготовлено оборудование. Сероводородная коррозия, особенно в присутствии влаги может полностью разрушить или сильно ослабить аппаратуру, что на установке, работающей под высоким давлением может привести к несчастным случаям, остановке установки и нарушению режима труда. Методы борьбы с вредными веществами – вентиляция.

Таблица 12 – Токсичные свойства сырья, получаемых продуктов и отходов при производстве [25]

№ п/п	Наименование сырья, полуфабрикатов, готовой продукции, отходов производства.	Агрегатное состояние	Класс опасности ГН 2.2.5.686-98	Характеристика токсичности (воздействие на организм человека)	ПДК в воздухе рабочей зоны производственных помещений ГН 2.2.5.686-98, мг/м^3
Сырье и продукты					
1	Атмосферный газоль	Жидкость	4	Хроническое отравление выражается в функцииона-льном расстройстве, сопро-вождающимся слабостью, вялостью, утомляемостью, сонливостью, раздражитель-ностью, головными болями. При высоких концентрациях паров и газов происходит острое отравление с потерей сознания и смертельным исходом	300
2	Бензин отгон	Жидкость	4		300
3	Дизельные фракции	Жидкость	4		300

Действие на организм углеводородных компонентов с сероводородом многообразно. Прежде всего страдает нервная система, сердечно-сосудистая система, возможны поражения печени.

Поэтому важно знать какая предельно предельно-допустимая концентрация этих веществ должна быть в воздухе, чтобы они не оказывали

сильного влияния на организм человека. По определению ПДК вещества в воздухе рабочей зоны: концентрация которя при ежедневной работе без средств защиты в течении 8 часов или другой продолжителности но не более 40 часов в неделю в течении всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья.

В таблице 13 представлены предельно-допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе рабочей зоны

Таблица 13 – Предельно-допустимые концентрации токсичных веществ в воздухе рабочей зоны [25]

Наименование	$ПДК_{р.з.}$, мг/м³	Класс опасности
Сероводород	10	2
Окись углерода	20	4
Бензин	100	4
Бензол	5	2
Толуол	50	3
Аммиак	20	4

6.1.5 Электробезопасность

Электрические установки, к которым относятся ЭВМ, представляют для человека большую потенциальную опасность. В процессе эксплуатации или при проведении профилактических работ человек может коснуться частей, находящихся под током.

Согласно классификации помещений по электробезопасности дипломный проект разрабатывался в помещении без повышенной опасности (класс 01 по ГОСТ 12.1.019 – 85), характеризующимся наличием следующих условий:

- напряжение питающей сети 220 В, 50 Гц;
- относительная влажность воздуха не более 75 %;
- средняя температура не более 35 °С;
- наличие деревянного полового покрытия.

При нормальном режиме работы оборудования опасность электропоражения невелика, однако, возможны режимы, называемые аварийными, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящихся под напряжением с заземленными конструкциями.

Основными техническими способами и средствами защиты от поражения электрическим током являются:

- защитное зануление;
- выравнивание потенциалов;
- защитное заземление;
- электрическое разделение сети;
- изоляция токоведущих частей;
- оградительные устройства и другое.

Такие способы, как защитное заземление и изоляция применяются в помещении отдела разработки печатных плат. Из реально возможных аварийных случаев можно выделить пробой изоляции. В лаборатории отдела разработки печатных плат не имеется не защищенных изоляцией токоведущих частей электроустановок. Для контроля состояния электрической изоляции проводов, производят периодические испытания изоляции. Периодическое измерение сопротивления изоляции позволяет своевременно выявить и устранить повреждения

6.2 Коллективные и индивидуальные средства защиты

Средства индивидуальной и коллективной защиты работников - технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных и (или) опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.

6.2.1 Средства коллективной защиты

Средства коллективной защиты работающих на МОС в зависимости от назначения делятся на классы: средства нормализации воздушной среды и освещения рабочих мест; средства защиты от поражения электрическим током, шума, статического электричества, от высоких и низких температур окружающей среды.

К средствам нормализации воздушной среды вспомогательных помещений и рабочих мест относятся приточная и аварийная вентиляция. К средствам освещения рабочих мест относятся осветительные приборы, световые проемы. К средствам защиты от поражения электрическим током относятся оградительные, изолирующие и предохранительные устройства, молниеотводы и разрядники, контур заземления, знаки безопасности.К средствам защиты от высоких температур относятся теплоизоляция трубопроводов и оборудования.

6.2.2. Средства индивидуальной защиты

В перечень средств индивидуальной защиты (СИЗ) входят: спецодежда, спецобувь, перчатки, головной убор, респираторы (противогазы), антифоны, защитные очки, дерматологические средства (моющие средства, мази, пасты и др.). Согласно статье 221 ТК РФ [26] на работах с вредными и (или) опасными условиями труда, а также на работах, выполняемых в особых температурных условиях или связанных с загрязнением, работникам бесплатно выдаются сертифицированные специальная одежда, специальная обувь и другие средства индивидуальной защиты, а также смывающие и (или) обезвреживающие средства в соответствии с типовыми нормами, которые устанавливаются в порядке, определяемом Правительством Российской Федерации.

Обслуживающий персонал установки для защиты от вредного воздействия нефтепродуктов, тепла аппаратов и прочих негативных факторов должен быть обеспечен индивидуальными средствами защиты.

Для предотвращения несчастных случаев, заболеваний и отравлений, связанных с производством, весь обслуживающий персонал установки обеспечивается следующими средствами защиты:

- специальной одеждой – хлопчатобумажные костюмы, рукавицы комбинированные, защитные очки, ботинки кожаные, диэлектрические калоши;
- фильтрующими противогазами марки «БКФ», защищающими органы дыхания от кислых и органических паров и газов [27];
- шланговыми противогазами ПШ-1, ПШ-2;
- медицинской аптечкой с необходимым набором медикаментов для оказания пострадавшему первой медицинской помощи.

В качестве защитной одежды на установке согласно [28] предусматривается комплект специальной одежды: х/б костюм, кожаные ботинки, рукавицы, куртка и брюки ватные.

6.3 Охрана окружающей среды

Вредное воздействие предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности распространяется, главным образом, на водные бассейны и атмосферу.

Для борьбы с загрязнением атмосферы на установке применяют следующие меры:

- воздух, с компрессорных установок проходит очистку в центробежных циклонах, после чего сбрасывается в атмосферу;
- газы, которые не могут быть использованы в дальнейшем для переработки подаются на факельную установку;
- каталитический дожиг выбросов;

- использование котлов утилизаторов для использования тепла отходящих газов с цель снижения теплового загрязнения атмосферы.

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

6.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Установка Л-24-10/2000 относится к взрывоопасным, пожароопасным и вредным производствам. В процессе глубокой переработки нефтяного сырья образуются вредные газы и пары нефтепродуктов.

Перечень возможных ЧС на производственном объекте: пожар; взрыв; розлив продуктов/компонентов производства; выброс опасных веществ.

Защита работников в ЧС осуществляется: использованием средств индивидуальной защиты, укрытием людей в защитных сооружениях и эвакуацией. До возникновения ЧС осуществляется накопление средств индивидуальной и коллективной защиты, составляются планы эвакуации работников по всем видам ЧС, которые будут использованы в чрезвычайной ситуации. Для обеспечения безопасной эксплуатации установки предусмотрена автоматизация технологического процесса.

Для обеспечения безопасной эксплуатации установки предусмотрена рациональная технологическая схема с комплексной автоматизацией технологического процесса, позволяющая обеспечить его непрерывность и стабильную работу оборудования.

При эксплуатации электрооборудования (в данном случае ПК) возможно возникновение чрезвычайных ситуаций, требующих обеспечение электро- и пожарной безопасности на рабочем месте. Источниками возникновения пожара могут быть электрические схемы от ЭВМ, устройства электропитания, кондиционирования воздуха. В данных объектах по некоторым причинам (снижение сопротивления изоляции, ослабление контактов, перегрузка сетей,

короткое замыкание) возникает перегрев элементов, что приводит к появлению искр и возгоранию.

Пожарная безопасность обеспечивается системой предотвращения пожара и системой пожарной защиты [29]. На кафедре размещены таблички с указанием номера телефона вызова пожарной охраны, кроме того размещен схематичный план эвакуации людей при пожаре; дополнительно разработана инструкция, определяющая действия персонала в случае возникновения очага возгорания. Согласно Статье 11 [30] установлен и выполняется запрет на курение в помещении. Определен порядок хранения и уборки отходов химических веществ, так как они используются рядом с рабочим местом. В соответствии с требованиями пожарной безопасности и охраны труда, проводится регулярный инструктаж и проверка знаний по технике безопасности на рабочем месте. Помещение оснащено первичными средствами пожаротушения: огнетушители, лопаты, ящики с песком, асбестовые одеяла.

Горючие компоненты в помещении - строительные материалы для акустической и эстетической отделки помещений, перегородки, двери, полы, перфокарты и перфоленты, изоляция кабелей и др.

В случае возникновение пожара, необходимо предпринять следующие меры: обесточить помещение, вызвать службу пожарной охраны. Если горит электроприбор (ПК) - накрыть его асбестовым одеялом или другим плотным материалом и дождаться прекращения горения из-за отсутствия доступа кислорода. Затем воспользоваться порошковым огнетушителем. Если масштабы воспламенения велики, то необходимо закрыть дверь в горящее помещение, чтобы снизить скорость распространения огня, соблюдать спокойствие и эвакуироваться.

6.5 Правовые и организационные вопросы безопасности

К нормативным актам, регулирующих вопросы охраны труда, в первую очередь относится Трудовой кодекс Российской Федерации. Трудовой кодекс,

охватывает вопросы от правового возникновения трудовых отношения, до детального рассмотрения трудового договора, времени отдыха и профессиональной подготовки работника, охраны труда, разрешения трудовых споров и т.д. Для обеспечения безопасности на рабочем месте нужно руководствоваться санитарными нормами и правилами, где описываются требования к микроклимату, освещению, уровням шума и вибрации. А также ГОСТами, в которых изложена система стандартов безопасности труда.

Заключение

В результате выполнения исследования был изучено назначение, суть процесса, схема процесса каталитической депарафинизации дизельных топлив, которая включает следующие основные элементы: реакторы гидроочистки; реактор депарафинизации; сепараторы высокого и низкого давления; стабилизационная колонна; ректификационная колонна; отпарные колонны (стрипинги) и рефлюксные ёмкости. При изучении потоков и материального баланса по сероводороду выявлено, что присутствие сероводорода может вызывать процессы коррозии в верней части ректификационной колонны.

Кроме того, исследована проблема коррозии в трубопроводах и аппаратах процессов нефтепереработки вследствие наличия сероводорода в технологических потоках.

Основными методами борьбы с коррозией являются применение ингибиторов коррозии, бактерицидов, неметаллических материалов, лаков и красок; оборудование установок и трубопроводов катодной и протекторной защитой.

Выполнен аналитический обзор современных пакетов моделирующих программ для компьютерного моделирования технологических процессов нефтепереработки. Их сравнение показало не значительное отличие – набор расчетных модулей практически одинаковый. Выбрана моделирующая программа HYSYS как наиболее удобная для расчётно-технологического проектирования, так как позволяет наиболее эффективно решить задачи моделирования и оптимизации химико-технологических систем нефтепереработки

Исследовано влияние технологических параметров при различных схемах направления потоков в колонну стабилизации на отделение сероводорода. Установлено, что достичь отсутствия сероводорода в стабильном гидрогенизате и вывода его в составе углеводородного газа и легкого бензина из верхней части колонны возможно, если в колоне стабилизации получится

создать сильный паровой поток. Проведенные исследования подтверждают, что этого можно достигнуть повышением расхода острого орошения, совершенствованием схемы направления потоков в колонну путем возврата части стабильного бензина с блока ректификации в низ колонны и добавления ВСГ во входной поток в колонну в смеси с нестабильным гидрогенизатом и бензином-отгоном гидроочисток.

При варьировании расхода орошения в колонну стабилизации в диапазоне 70-100 $м^3$/ч видно, что с увеличением расхода острого орошения содержание сероводорода в стабильном бензине с установки снижается с 0,0022 до 0,0005 % мас. В среднем фиксируется уменьшение содержания сероводорода приблизительно в 4 раза. Увеличение расхода острого орошения в колонну стабилизации не приводит к полному отделению сероводорода.

Повышение расхода рециркулирующего стабильного бензина в низ колонны 0 до 20 $м^3$/ч способствует снижению содержания сероводорода в стабильном бензине с 0,0010 до 0,0001 % мас. в зависимости от содержания сероводорода в сырье колонны. При добавлении стабильного бензина в количестве 10 $м^3$/ч фиксируется максимальная степень отделения сероводорода, но наблюдается присутствие H_2S в стабильном бензине в особенности для нестабильного гидрогенизата с более высоким содержанием сероводорода (0,0028 % мас.).

При увеличении расхода ВСГ в колонну с 100 до 300 $м^3$/ч содержание сероводорода в стабильном бензине с установки в зависимости от содержания сероводорода в сырье колонны снижается с 0,0008 % мас. до показателя «отсутствие». Для сырья с более низким содержанием сероводорода (0,0012 % мас.) отсутствия H_2S достигается при добавлении во входной поток 100 $м^3$/ч ВСГ. Для достижения аналогичного результата с сырьём, которое содержит большее количество сероводорода (0,0028 % мас.) необходимо увеличить расход ВСГ до 300 $м^3$/ч.

По итогам исследования подобрана оптимальная схема потоков в колонну. Оптимальный расход орошения принимается равным 100 $м^3$/ч, расход

стабильного бензина – 10 $м^3$/ч. Расход ВСГ выбирается по количественному содержанию сероводорода в нестабильном гидрогенизате: для сырья с более низким содержанием сероводорода (0,0012 % мас.) отсутствие H_2S достигается при добавлении в низ колонны 100 $м^3$/ч; для сырья, которое содержит большее количество сероводорода (0,0028 % мас.) необходимо увеличивать расход ВСГ до 300 $м^3$/ч.

При оптимальном варианте содержание сероводорода в стабильном гидрогенизате снижается до следовых количеств, и, как следствие, повышается коррозионная безопасность продукта, повышается ресурсоэффективность установки каталитической депарафинизации за счет продления срока службы оборудования и трубопроводов, а также снижается возникновения нештатных ситуаций вследствие коррозийного разрушения оборудования.

Рекомендации, сделанные по результатам расчета влияния расхода орошения и расхода стабильного бензина в низ колонны, подтверждены опытным пробегом на установке. Рекомендуется проведение дальнейшей модернизации колонны стабилизации – добавление потока водородсодержащего газа в куб колонны – для обеспечения удаления сероводорода в колонне стабилизации до следовых количеств.

Список публикаций

1. Зырянова И. В. Повышение эффективности отделения сероводорода в колонне стабилизации на установке каталитической депарафинизации дизельных фракций (Increasing the efficiency of hydrogen sulphide removal in stabilization column in catalytic dewaxing of diesel cuts unit) // Нефть и газ - 2016: сборник тезисов юбилейной 70-ой Международной молодежной научной конференции, Москва, 18-20 Апреля 2016. - Москва: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина , 2016 - Т. 2 - С. 171.
2. Белинская Н. С. , Иванчина Э. Д. , Попова Н. В. , Зырянова И. В. Модернизация колонны стабилизации на установке гидродепарафинизации дизельных топлив // Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства: материалы 6-й Международной научно-технической конференции, Омск, 25-30 Апреля 2016. - Омск: ОмГТУ, 2016 - С. 5-6.
3. Белинская Н. С. , Зырянова И. В. , Попова Н. В. Повышение эффективности процесса стабилизации на установке каталитической депарафинизации средних дистиллятов // Перспективы развития фундаментальных наук: сборник научных трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Томск, 26-29 Апреля 2016. - Томск: ТПУ, 2016 - Т. 2 Химия - С. 62-64.

Список использованных источников

1. Агаев С.Г. Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив: монография / Агаев С.Г., Глазунов А.М. - Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. – 145 с.
2. Современное состояние производства низкозастывающих дизельных топлив на заводах России / Митусова Т.Н., Хавкин В.А. и др. //Мир нефтепродуктов - 2012. - №2. – с.28-31.
3. P. Roffey, E.H. Davies, The generation of corrosion under insulation and stress corrosion cracking due to sulphide stress cracking in an austenitic stainless steel hydrocarbon gas pipeline // Engineering Failure Analysis. – 2014. – Vol. 44. – P. 148–157.
4. Медведева М.Л. Коррозия и защита оборудования при переработке нефти и газа М.: ФГУП Изд-во Нефть и газ РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2005. - 312 с.
5. Belinskaya N.S., Ivanchina E.D., Ivashkina E.N., Chuzlov V.A., Faleev S.A. Mathematical modeling of the process of catalytic hydrodewaxing of atmospheric gasoil considering the interconnection of the technological scheme devices // Procedia Engineering. – Vol. 113 – 2015 – pp. 68-72.
6. Гидродепарафинизация. Каталитическая депарафинизаци. [Электронный ресурс]. URL: http://nefthim.ru/node/191 (дата обращения 17.03.16).
7. Богданов Н. Ф., Переверзев А. Н. Депарафинизация нефтяных продуктов. М., Гостоптехиздат, 2006 - 248 с.
8. Гайнуллин Р. Р., Гизятуллин Э. Т., Солодова Н. Л., Абдуллин А. И. Получение низкозастывающих нефтепродуктов методами депарафинизации // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №10 С.257-265.
9. Белинская Н.С. Совершенствование работы сопряженной системы «реактор – колонна стабилизации» процесса каталитической

депарафинизации дизельных фракций нефти методом математического моделирования: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: спец. 05.17.08 / Национальный исследовательский Томский политехнический университет; науч. рук. Э.Д. Иванчина. – Защищена 22.12.2015 г. – Томск: 2015. – 170 с.

10. Березняк И.Е.Влияние вредных примесей на трубопроводы нефти и газа. – Материалы конференции «Проблемы, перспективыи нормативно-правовоеобеспечение энерго-, ресурсосбереженння в жилищено-коммунальном хозяйстве». Харьковская национальная академия городского Хозяйства. – 2012. – 3 с.
11. Получение оптимальных проектных решений и их анализ с использованием математических моделей / Ю.В.Литовка - Тамбов : Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2012. - 161 с.
12. Гартман Т.Н., Советин Ф.С. Аналитический обзор современных пакетов моделирующих программ для компьютерного моделирования химико-технологических систем // Успехи в химии и химической технологии. – 2012. – № 11. – 4 с.
13. Обзор систем моделирования и инженерных расчетов, применяемых в нефтегазовой отрасли. [Электронный ресурс] / URL: http://sstu.syzran.ru/epa/docs/ITiOvNGO/4.2.pdf (дата обращения 20.04.16).
14. Технологический регламент установки Л-24-10/2000 «Установка гидродепарафинизации смеси атмосферного газойля с бензином висбрекинга». – 2013.
15. Новиков А. А., Самборская М. А. Моделирование процессов однократного испарения и однократной конденсации непрерывных смесей. Томск, 2008. – 20-33с.
16. Зырянова И.В. Повышение эффективности отделения сероводорода в колонне стабилизации на установке каталитической депарафинизации дизельных фракций / Международная молодежная

научная конференции «Нефть и газ – 2016». Сборник тезисов «Нефть и газ», том 2. Москва 18-20 апреля 2016 г. – 2016-Москва: Изд-во РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2016. – Т.2 – с. 171.

17. Белинская Н.С., Зырянова И.В., Попова Н.В. Повышение эффективности процесса стабилизации на установке каталитической депарафинизации средних дистиллятов / XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. Сборник научных трудов XIII Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Том 2. Химия (Томск, 26 - 29 апреля 2016 г.). – Томск: Издательство Томский политехнический университет, 2016. – Т.2. Химия – с.62-63.
18. Белинская Н.С., Иванчина Э.Д., Попова Н.В., Зырянова И.В. Модернизация колонны стабилизации на установке гидродепарафинизации дизельных топлив / 6-й международной научно-технической конференции «Техника и технология нефтехимического и нефтегазового производства». Материалы 6-й международной научно-технической конференции (Омск, 25-30 апреля 2016 г.). - Омск : Изд-во ОмГТУ, 2016 – с. 5-6.
19. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие / Н.А. Гаврикова, И.Г.Видяев, Г.Н. Серикова; Томский политехнический университет. − Томск: Изд-во Томского политехнического университета. – 2014. – 73
20. СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».
21. СНиП 23-05-95. «Естественное и искусственное освещение».
22. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96 утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России 31 октября 1996 г. № 36. Москва.

23. Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий: санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96: утверждены Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 40. Москва.
24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
25. ГН 2.2.5.1313-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны.
26. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (принят ГД ФС РФ 21.12.2001) (ред. от 30.12.2008) // СПС Консультант.
27. ГОСТ 12.4.041-2001 ССБТ. Средства индивидуальной защиты органов дыхания фильтрующие. Общие технические требования.
28. ГОСТ 12.4.016-83.Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная. Номенклатура показателей качества.
29. Приказ МЧС РФ от 18 июня 2003г.N313 «Об утверждении Правил пожарной безопасности в Российской Федерации (ППБ 01-03)».
30. Федеральный закон от 23 февраля 2013 г. N 15-ФЗ «Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма и последствий потребления табака».

Приложение А

(обязательное)

Схема процесса каталитической депарафинизации

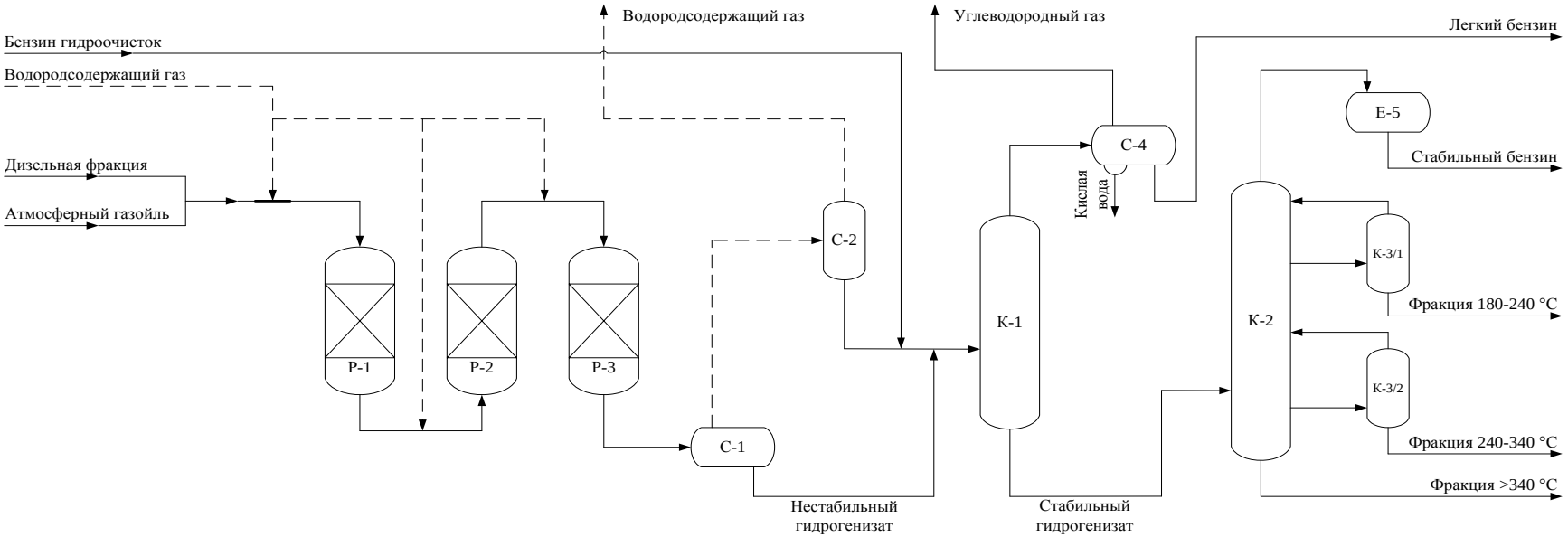


Рисунок А.1 – Схема процесса каталитической депарафинизации. Р-1 и Р-2 – реакторы гидроочистки; Р-3 – реактор депарафинизации; С-1 – сепаратор высокого давления; С-2 – сепаратор низкого давления; К-1 – стабилизационная колонна; К-2 – ректификационная колонна; К-3/1, 3/2 – отпарные колонны (стрипинги); С-4, Е-5 – рефлюксные ёмкости.

Приложение Б

(обязательное)

Сравнение моделирующих программ

Таблица Б.1 – Сравнение возможностей современных пакетов моделирующих программ [9]

Расчетные модули	ChemCAD	PRO II	HYSYS
Расчет ректификации и абсорбции с равновесными ступенями разделения	+	+	+
Расчет ректификации и абсорбции с учетом массопредачи	+	-	+
Упрощенный расчет ректификации Short-Cut	-	+	+
Ректификация с расслаиванием жидкости	+	+	+
Жидкостная экстракция	+	+	+
Реактор стехиометрический	+	+	+
Реактор кинетический с мешалкой и трубчатый	+		
Реактор равновесный	+	+	+
Реактор Гиббса	+	+	+
Смеситель, разделитель потоков, сепаратор	+	+	+
Насосы, компересcоры	+	+	+
Теплообменники с тепловыми кривыми	+	+	+
Многоходовые теплообменники LNG с анализом зон теплопередачи	+	+	+
Двухфазный, трехфазный равновесный испаритель	+	+	+
Циклон, гидроциклон	+	-	-

Приложение В

(обязательное)

Фракционный и покомпонентный составы потоков

Таблица В.1 – Фракционный состав потоков колонны К-1

	Нестабильный гидрогенизат	Бензин-отгон	Стабильный бензин	Стабильный гидрогенизат
НК	42,1	37,5	47,8	94,5
1%	61,4	64,9	70,1	112,6
2%	79,4	80,2	75,3	137,0
3%	93,9	90,1	78	157,8
4%	122,7	97,5	79,7	175,7
5%	136,3	103,8	80,9	193,0
10%	209,9	117,5	84,4	226,6
15%	223,5	124,0	86,2	240,9
20%	238,5	128,9	87,6	250,2
25%	243,7	133,3	89,2	259,7
30%	250,8	137,7	90,8	267,7
35%	256,9	141,7	92,3	275,0
40%	263,3	145,8	93,8	281,8
45%	269,9	150,0	95,8	288,9
50%	276,4	153,4	97,2	295,5
55%	283,5	154,9	101,0	302,6
60%	290,8	159,0	103,1	309,5
65%	298,4	161,7	105,2	316,4
70%	306,5	165,0	107,6	323,1
75%	315,3	168,2	109,2	330,4
80%	324,7	171.2	112,7	337,9
85%	335,5	174,7	115,6	346,8
90%	351,0	1793	119,5	357,9
95%	358,3	187,5	126,4	373,3
КК	364,7	198,9	99,6	373,3

Таблица В.2 – Углеводородный состав потоков колонны К-1

Углеводородный состав продуктов , % масс.			
Компоненты	Бензин-отгон гидроочисток	Стабильный бензин	Легкий бензин
метан		0,01	0,05
этан	0,08	0,07	0,71
пропан	0,36	0,20	4,98
i-бутан	0,38	0,03	7,80
Сумма олефиновых C_4	0,00	0,25	0,20
n-бутан	0,64	0,27	13,56
2,2-диметилпропан			0,12
i-пентан	0,78	0,31	23,25
Сумма олефиновых C_5	0,03	0,34	1,03
n-пентан	0,67	0,52	19,29
2,2-диметилбутан	0,01	0,03	0,24
циклопентан	0,07	0,07	0,36
2,3-диметилбутан	0,11	1,03	3,12
2-метилпентан	0,59	3,95	11,08
3-метилпентан	0,45	3,96	5,74
Сумма олефиновых C_6	0,01	1,18	0,00
n-гексан	1,08	8,68	6,08
2,2-диметилпентан	0,24	0,60	0,02
метилциклопентан	0,48	1,20	0,36
2,4-диметилпентан	0,09	1,40	0,14
2,2,3-триметилбутан	0,00	0,04	0,00
бензол	0,21	0,78	0,20
3,3-диметилпентан	0,02	0,10	0,01
циклогексан	1,17	2,70	0,14
2-метилгексан	1,15	8,56	0,10
2,3-диметилпентан		0,03	0,04
1,1-диметилциклопентан			
3-метилгексан	1,09	6,62	0,08
1c,3-диметилциклопентан	0,36	0,84	0,01
1t,3-диметилциклопентан	0,32	0,65	0,01

Продолжение Таблицы В.2

Компоненты	Бензин-отгон гидроочисток	Стабильный бензин	Легкий бензин
3-этилпентан	0,10	0,53	
1t,2-диметилциклопентан	0,65	1,08	0,01
Сумма олефиновых C_7	0,02	1,74	
n-гептан	2,54	7,41	0,03
1c,2-диметилциклопентан			0,01
метилциклогексан	2,82	6,22	
1,1,3-триметилциклопентан	0,12	0,29	
2,2-диметилгексан	0,02	0,16	
этилциклопентан	0,48	0,87	
2,5-диметилгексан	0,16	1,02	
2,4-диметилгексан	0,21	1,50	
1c,2t,4c-триметилциклопентан	0,29	0,65	
3,3-диметилгексан	0,04	0,14	
1c,2t,3c-триметилциклопентан	0,38	0,61	
2,3,4-триметилпентан	0,04	0,13	
толуол	1,09	2,88	
Сумма олефиновых С8	0,08	0,72	
н-октан	3,05	4,88	
этилциклогексан	1,46	1,35	
этилбензол	0,74	0,72	
м-ксилол	0,96	0,56	
п-ксилол	0,28	0,18	
о-ксилол	0,87	0,09	
н-нонан	4,76	0,01	
Углеводороды С4-С8 не представленные индивидуально	15,76	15,15	1,27
Сумма нафтеновых C_8, исключая перечисленные выше	5,29	9,35	
Сумма ароматических C_9	6,53	0,00	
Сумма нафтеновых C_9	4,67	0,28	
Компоненты выше C_9	38,48	0,00	

Продолжение Таблицы В.2

Компоненты	Бензин-отгон гидроочисток	Стабильный бензин	Легкий бензин
в т.ч. ароматические	9,86	0,00	
в т.ч. нафтеновые	2,34	0,00	
Парафины	23,24	22,04	44,69
Изопарафины	31,72	43,60	51,73
Ароматика	20,52	5,21	0,20
Нафтены	18,87	23,88	0,89
Олефины	0,20	4,36	1,22
Неидентиф. углеводороды	5,39	0,91	1,26
Плотность кг/м^3	754,8	710,8	609,0
H_2S, %мас.	0,0199	0,0010	0,195
RSH, %мас.	отс	0,0037	отс

Приложение Г

(обязательное)

Карта сегментирования рынка

Таблица Г.1 – Карта сегментирования рынка

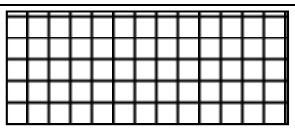
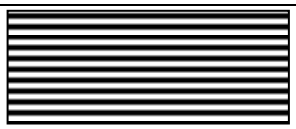
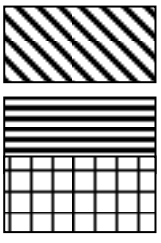
Потребитель	Вид услуги		
	Продажа программного продута	Продажа тестовой версии	Оказание услуг по исследованию и оптимизации
Проектные организации			
Образовательные учреждения			
Крупные НПЗ			
Средние НПЗ			
Мелкие НПЗ			

Рисунок Г.1 – Карта сегментирования



- фирма А

- фирма Б

- фирма В

Приложение Д

(обязательное)

Оценочная карта конкурентных технических решений

Таблица Д.1 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений

Критерии оценки	Вес крите-рия	Баллы		Конкуренто-способность	
		$Б_ф$	$Бк_1$	$К_ф$	$Кк_1$
Технические критерии оценки ресурсоэффективности					
1. Повышение производительности труда пользователя	0,06	4	3	0,24	0,18
2. Удобство в эксплуатации	0,06	5	3	0,3	0,18
3. Энергоэкономичность	0,1	5	4	0,5	0,4
4. Надежность	0,1	5	4	0,5	0,4
5. Безопасность	0,1	5	5	0,5	0,5
Экономические критерии оценки эффективности					
6. Конкурентоспособность продукта	0,11	5	4	0,55	0,44
7. Уровень проникновения на рынок	0,05	4	4	0,2	0,2
8. Цена	0,07	5	3	0,35	0,21
9. Предполагаемый срок эксплуатации	0,1	5	5	0,5	0,5
10. Послепродажное обслуживание	0,08	5	4	0,4	0,32
11. Финансирование научной разработки	0,04	4	4	0,16	0,16
12. Срок выхода на рынок	0,07	5	4	0,35	0,28
13. Наличие сертификации разработки	0,06	4	5	0,24	0,3
Итого	1	61	52	4,79	4,07

Приложение Е
(обязательное)
SWOT-анализ

Таблица Е.1 – SWOT-анализ

	Сильные стороны проекта: 1.Перспектива оптимизации процесса переработки нефтяного сырья – депарафинизации на стадии стабилизации. 2.Возможность проведения необходимых исследований без вмешательства в работу. 3.Эффективное использование топливо-энергетических ресурсов. 3.Возможность повышения ресурсоэффективности работы установки каталитической депарафинизации за счет продления срока службы оборудования. 4.Квалифицированный персонал.	Слабые стороны проекта: 1.Ограниченность экспериментальных данных с промышленной установки. 2. Слабая чувствительность к изменению технологических условий и состава сырьевых потоков. 3.Несвоевременность получения информации о сырьевых потоках
Угрозы: 1.Отсутвие спроса на разработанный проект. 2. Внедрение другой технологии на НПЗ. 3.Развитая конкуренция	Результаты анализа «Сильные стороны и угрозы»: 1.Продвижение новой технологии оптимизации процесса с применением математической модели. 2. Развитие конкурентной среды.	Результаты анализа «Слабые стороны и угрозы» 1.Разработка научного исследования 2.Приобретение необходимых экспериментальных данные по составу сырья и продукта с промышленной установки
Возможности: 1.Внедрение разработанной модели на предприятия нефтепереработки для оптимизации процесса производства дизельных топлив. 2.Использование инфраструктуры ТПУ. 3. Внедрение системы в образовательную сферу в качестве компьютерного тренажера для обучения	Результаты анализа «Сильные стороны и возможности» : Разработка математической модели колонны стабилизации процесса каталитической гидродепарафинизации с целю снижения содержания сероводорода в продукте, снижение короозионой агрессивности среды.	Результаты анализа «Слабые стороны и возможности»: 1.Наладить своевременное получение данных о составах сырьевых потоков и режимых работы установки. 2. Создание тренировочной версии для обучения студентов основам процесса гидродепарафинизации на стадии стабилизации. 3.Повышение эффективности использования сырья на предприятии и увеличение срока службы оборудования и аппаратов.

Приложение Ж

(обязательное)

Этапы научно-исследовательской работы

Таблица Ж.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работы	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследования	Научный руководитель, бакалавр
	3	Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Подбор и изучение литературы: назначение процесса, проблема коррозии металлов	Бакалавр
	5	Изучение технологической схемы блока стабилизации, сырья и продуктов процесса	Бакалавр
	6	Работа с технологическим регламентом	Бакалавр
	7	Анализ систем моделирования	Бакалавр
	8	Разработка модели колонны стабилизации в моделирующей системе HYSYS	Научный руководитель, Бакалавр
	9	Проведение расчётов на разработанной модели	Бакалавр
	10	Подбор оптимальной схемы направления потоков в колонну и оптимальных параметров эксплуатации колонны	Бакалавр

Продолжение таблицы Ж.1

Обобщение и оценка результатов	11	Оценка эффективности полученных результатов	Научный руководитель
	12	Оформление отчета но НИР	Бакалавр
	13	Подготовка к защите дипломной работы	Бакалавр
	14	Защита дипломной работы	Научный руководитель, Бакалавр

Приложение И

(обязательное)

Временные показатели проведения научного исследования

Таблица И.1 – Временные показатели проведения научного исследования

Обозначения: Исп.1 -Р – руководитель; Исп.2 - А –бакалавр.

Название работы	Трудоёмкость работ						Исполнители		Длительность работ в рабочих днях,		Длительность работ в календарных днях, T_{ki}	
	t_{max}, чел-дни		T_{min}, чел-дни		$t_{ож.}$ чел-дни		Р	Б	T_{pi}		T_{ki}	
	Исп.1	Исп2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп.1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2	Исп. 1	Исп. 2
Составление и утверждение технического задания	9		7		7,8		Р		7,8		12	
Выбор направления исследования	4	2	4	2	3,4	3,4	Р	Б	1,7	1,7	3	3
Календарное планирование работ по теме	7		5		5,8		Р		5,8		9	
Подбор и изучение литературы: назначение процесса, проблема коррозии металлов		14		7		9,8		Б		9,8		15
Изучение технологической схемы блока стабилизации, сырья и продуктов процесса		7		5		5,8		Б		5,8		9

Работа с технологическим регламентом		7		5		5,8		Б		5,8		9
Анализ систем моделирования		3		2		2,4		Б		2,4		4
Разработка модели колонны стабилизации в моделирующей системе HYSYS	7	5	7	5	5,8	5,8	Р	Б	2,9	2,9	4	4
Проведение расчётов на разработанной модели		4		2		2,8		Б		2,8		4
Подбор оптимальной схемы направления потоков в колонну и оптимальных параметров эксплуатации колонны		4		3		3,4		Б		3,4		5
Оценка эффективности полученных результатов	3		2		2,4		Р		2,4		4	
Оформление отчета но НИР		7		5		5,8		Б		5,8		9

Подготовка к защите дипломной работы		14		7		9,8		Б		9,8		15
Защита дипломной работы	1	1	1	1	1	1	Р	Б	0,5	0,5	1	1

Приложение К

(обязательное)

Календарный план-график проведения НИОКР

Таблица К.1 - Календарный план-график проведения НИОКР

№ работ	Исполнители Р - руководитель Б -Бакалавр	T_{ki}, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ											
			Март			Апрель			Май			Июнь		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Р	12												
2	Р, Б	3												
3	Р	9												
4	Б	15												
5	Б	9												
6	Б	9												
7	Б	4												
8	Р,Б	4												
9	Б	4												
10	Б	5												
11	Р	4												
12	Б	9												
13	Б	15												
14	Р,Б	1												

Приложение Л

(обязательное)

Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности научного исследования

Таблица Л.1 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования / Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
Способствует росту производительности труда	0,10	4	5	3
Удобство в эксплуатации	0,15	2	3	4
Энергосбережение	0,10	4	4	5
Надёжность	0,20	4	4	4
Воспроизводимость	0,25	5	3	5
Материалоемкость	0,20	3	4	4
Итого	1			

Таблица Л.2 – Сравнительная эффективность разработки

Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Интегральный финансовый показатель	0,67	0,49	1
2. Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	3,75	3,70	4,25
3. Интегральный показатель эффективности	5,60	7,55	4,25
4. Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,37	4,25	0,68