

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

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Математическое моделирование синтеза метанола

УДК 661.721.091:519.876

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Бальжитов Дашанима Баясхаланович		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Юрьев Е.М.	К.Т.Н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович	-		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОХИ ИШПР	Юрьев Е. М.	К.Т.Н.		

Результаты освоения ООП

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

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Отделение химической инженерии
 Направление: 18.03.01 «Химическая технология»
 Профиль (специализация): Химическая технология подготовки и переработки нефти и газа

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ОП

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

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

бакалаврской работы

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д7В	Бальжитов Дашанима Баясхаланович

Тема работы:

Математическое моделирование синтеза метанола	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	33-23/с от 02.02.2021 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20 мая 2021 г.
--	-----------------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Данные для расчета расхода метанола и скорости дезактивации катализатора на моделирующей программе синтеза метанола</p> <p style="text-align: center;">Таблица 1. Технологические параметры для расчета на программе</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>№</th> <th>Параметр</th> <th>Значение</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.</td> <td>Расход сырья на 2 реактора, тыс. нм³/час</td> <td>2200-6600</td> </tr> <tr> <td>2.</td> <td>Температура сырья на 1ую полку, °С</td> <td>205-225</td> </tr> <tr> <td>3.</td> <td>Температура байпасных потоков, °С</td> <td>38-58</td> </tr> <tr> <td>4.</td> <td>Давление в реакторе, МПа</td> <td>4-10</td> </tr> <tr> <td>5.</td> <td>Относительное распределение потоков по полкам реактора (об. %)</td> <td>55/15/15/15</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">Таблица 2. Состав циркуляционного газа для расчета на программе</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Содержание вещества, мольн. %</th> <th>СО</th> <th>СО₂</th> <th>Н₂</th> <th>Н₂</th> <th>СН₄</th> <th>Диметиловый эфир</th> <th>Н₂О</th> <th>Метанол</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	№	Параметр	Значение	1.	Расход сырья на 2 реактора, тыс. нм ³ /час	2200-6600	2.	Температура сырья на 1ую полку, °С	205-225	3.	Температура байпасных потоков, °С	38-58	4.	Давление в реакторе, МПа	4-10	5.	Относительное распределение потоков по полкам реактора (об. %)	55/15/15/15	Содержание вещества, мольн. %	СО	СО ₂	Н ₂	Н ₂	СН ₄	Диметиловый эфир	Н ₂ О	Метанол									
№	Параметр	Значение																																			
1.	Расход сырья на 2 реактора, тыс. нм ³ /час	2200-6600																																			
2.	Температура сырья на 1ую полку, °С	205-225																																			
3.	Температура байпасных потоков, °С	38-58																																			
4.	Давление в реакторе, МПа	4-10																																			
5.	Относительное распределение потоков по полкам реактора (об. %)	55/15/15/15																																			
Содержание вещества, мольн. %	СО	СО ₂	Н ₂	Н ₂	СН ₄	Диметиловый эфир	Н ₂ О	Метанол																													

	Состав № 1	3	2	82,4	0,9	10,9	0,012	0,07	0,5
<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Введение. Производство метанола в России и в мире. 2) Физико-химические закономерности производства метанола. 3) Современные катализаторы синтеза метанола. Дезактивация катализаторов синтеза метанола. 4) Технологические схемы синтеза метанола. Технологическая схема установки синтеза метанола М-750. 5) Характеристика компьютерной программы моделирования синтеза метанола, разработанной в ТПУ. Математическая модель синтеза метанола. 6) Характеристика компьютерной программы для расчета газожидкостного равновесия и мощности компрессора — UniSim Design R470. 7) Цели и задачи работы. 8) Результаты расчета на компьютерной программе: изменение расхода продукта при варьировании температуры и давления; изменение расхода продукта при варьировании расхода сырья по полкам; прогнозирование изменения активности катализатора в течение цикла его работы; исследование зависимости расхода метанола от расхода сырья в широких пределах; расчет мощности компрессорного оборудования при высоких расходах сырья. 9) Обсуждение результатов. 10) Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». 11) Раздел «Социальная ответственность». 12) Заключение (выводы). 								
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Технологическая схема синтеза метанола на низкотемпературном катализаторе (агрегат М-750 или аналог). 2) Относительное увеличение расхода метанола при увеличении расхода сырья в реактор. 3) Изменение активности катализатора на полках реактора по мере работы установки в течение длительного времени. 4) Изменение перепадов температур на полках катализатора по мере работы установки в течение длительного времени при разных расходах сырья. 5) Изменение расхода метанола в течение длительного времени при разных расходах сырья 								
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>									
Раздел	Консультант								
«Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	Спицына Л.Ю., д.и.н., отделение социально-гуманитарных наук ШБИП ТПУ								
«Социальная ответственность»	Гуляев М.В., старший преподаватель, отделение общетехнических дисциплин ШБИП ТПУ								
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p> <p>—</p>									

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01 февраля 2021 г.
--	--------------------

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

Инженерная школа природных ресурсов
 Отделение химической инженерии
 Направление: 18.03.01 «Химическая технология»
 Профиль (специализация): Химическая технология подготовки и переработки нефти и газа
 Уровень образования — бакалавриат
 Период выполнения — весенний семестр 2020/2021 учебного года

Форма представления работы:

бакалаврская работа

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

**КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН
выполнения выпускной квалификационной работы**

Срок сдачи студентом выполненной работы:	20 мая 2021 г.
--	----------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
18.02.2021 г.	Введение.	10
07.04.2021 г.	Введение. Производство метанола в России и в мире. Физико-химические закономерности производства метанола. Современные катализаторы синтеза метанола. Дезактивация катализаторов синтеза метанола. Технологические схемы синтеза метанола. Технологическая схема установки синтеза метанола М-750.	10
20.04.2021 г.	Цели и задачи работы. Характеристика компьютерной программы моделирования синтеза метанола, разработанной в ТПУ. Математическая модель синтеза метанола. Характеристика компьютерной программы UniSim Design.	20
11.05.2021 г.	Результаты расчета на компьютерной программе: изменение расхода продукта при варьировании температуры и давления; изменение расхода продукта при варьировании расхода сырья по полкам; прогнозирование изменения активности катализатора в течение цикла его работы; исследование зависимости расхода метанола от расхода сырья в широких пределах; расчет мощности компрессорного оборудования при высоких расходах сырья.	50
17.05.2021 г.	Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение». Раздел «Социальная ответственность». Заключение (выводы).	10

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юрьев Е.М.	к.т.н.		

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Бальжитов Дашанима Баясхаланович		

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Юрьев Е.М.	к.т.н.		

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

Студенту:

Группа	ФИО
2Д7В	Бальжитову Дашаниме Баясхалановичу

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

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

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Бюджет проекта – не более 350000 руб., в т.ч. затраты по оплате труда – не более 200000 руб.
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	Значение показателя интегральной ресурсоэффективности – не менее 4 баллов из 5
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	В соответствии с налоговым кодексом Российской Федерации. Отчисления во внебюджетные фонды – 27,1 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ потенциальных потребителей, анализ конкурентных технических решений, оценка готовности проекта к коммерциализации
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Определение этапов работ; определение трудоемкости работ; разработка графика Ганта Определение затрат на проектирование (смета затрат)
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Оценка эффективности проекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

<ol style="list-style-type: none"> 1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. 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 ОСГН ШБИП ТПУ	Спицына Любовь Юрьевна	К.Э.Н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Бальжитов Дашаниме Баясхаланович		

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
2Д7В	Бальжитов Дашанима Баясхаланович

Школа	Инженерная школа природных ресурсов	Отделение (НОЦ)	ОХИ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	18.03.01 «Химическая технология»

Тема ВКР:

Математическое моделирование синтеза метанола с учетом дезактивации катализатора	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является установка синтеза метанола М – 750. Область применения: предприятия синтеза метанола. Рабочая зона: 133 аудитория 2 корпуса отделения химической инженерии Томского политехнического университета.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:	Рассмотреть специальные правовые нормы трудового законодательства; Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны; Обеспечение безопасности на рабочем месте.
2. Производственная безопасность:	Анализ потенциально возможных вредных и опасных факторов проектируемой производственной среды. Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов: – Неудовлетворительный микроклимат; – Повышенный уровень шума; – Перегрузка зрительного аппарата; – Недостаточная освещенность рабочей зоны; – Электрический ток; – выводы на соответствие допустимым условиям труда согласно специальной оценке условий труда
3. Экологическая безопасность:	– анализ воздействия объекта на атмосферу, гидросферу и литосферу. – решение по обеспечению экологической безопасности.

<p>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<ul style="list-style-type: none"> – Анализ 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. – Пожаровзрывоопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения)
---	---

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Гуляев Милий Всеволодович	-		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
2Д7В	Бальжитов Дашанима Баясхаланович		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа содержит 85 страниц, 14 рисунков, 30 таблиц, 24 источника.

Ключевые слова: метанол, математическая модель, моделирование, синтез-газ, катализатор.

Объектом исследования является установка синтеза метанола М – 750.

Цель работы – исследование параметров (режимов) работы агрегата синтеза метанола М – 750, в ходе повышения расхода сырья на 2 реактора от 2200 до 6600 тыс. нм³/час с применением математической модели синтеза метанола и специализированной программы для расчета газожидкостного равновесия Honeywell UniSim Design 460.

Область применения: результаты работы могут быть использованы на предприятиях низкотемпературного синтеза метанола.

Математическая модель реактора синтеза позволяет варьировать многие технологические параметры, влияющие на выход конечного продукта. Поэтому существует возможность продолжения исследований в данной области.

Оглавление	
ВВЕДЕНИЕ	13
1 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАНОЛА	16
1.1 Механизм образования метанола.....	16
1.2 Термодинамика синтеза	17
1.3 Катализаторы синтеза.....	18
1.3.1 Катализаторы фирмы «Johnson Matthey Catalysts».....	19
1.3.2 Катализаторы фирмы «Sud-Chemie» AG	20
1.3.3 Катализаторы фирмы «Haldor Topsoe»	21
1.3.4 Производство катализаторов синтеза метанола в СНГ	22
1.4 Деактивация катализаторов синтеза метанола.....	23
1.5 Технологические схемы синтеза метанола	24
2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ	30
2.1 Характеристика компьютерной программы моделирования синтеза метанола Methanol TPU	30
2.2 Характеристика компьютерной программы для расчета жидкофазного равновесия – UniSim Design.....	34
3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	35
3.1 Исследование выходных данных процесса при изменении входных параметров.	35
3.2 Исследование выходных данных процесса при изменении соотношения расходов на полки реактора	37
3.3 Прогноз изменения активности катализатора в течении 6 лет	39
3.4 Исследование зависимости расхода метанола от расхода сырья	41

3.5	Моделирование технологической схемы компрессии конвертированного газа установки М – 750 в программе UniSim Design.....	42
4	ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	45
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	45
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования	45
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений	46
4.1.3	SWOT-анализ.....	48
4.2	Определение возможных альтернатив при проведении исследований.....	51
4.3	Планирование проекта.....	51
4.3.1	Структура работ в рамках научного исследования	51
4.3.2	Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	53
4.4	Бюджет исследования.....	57
4.4.1	Расчет материальных затрат	57
4.4.2	Расчет затрат на специальное оборудование	58
4.4.3	Основная заработная плата исполнителей темы.....	59
4.4.4	Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	61
4.4.5	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	61
4.4.6	Накладные расходы.....	62
4.4.7	Формирование бюджета исследовательского проекта.....	62
4.5	Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	63
5	СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	66

5.1	Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	66
5.1.1	Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны	68
5.2	Производственная безопасность	69
5.2.1	Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований.....	69
5.2.2	Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов	71
5.3	Экологическая безопасность	74
5.3.1	Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду.....	75
5.3.2	Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.....	76
5.4	Безопасность в чрезвычайных ситуациях	77
5.4.1	Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС.....	77
5.4.2	Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС.....	78
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	81
	СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	82

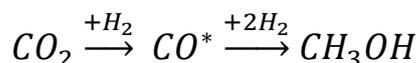
1 ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА МЕТАНОЛА

В данном разделе будет рассмотрен механизм образования метанола, термодинамика синтеза, кинетика реакции и катализаторы, которые используются при производстве метанола.

1.1 Механизм образования метанола

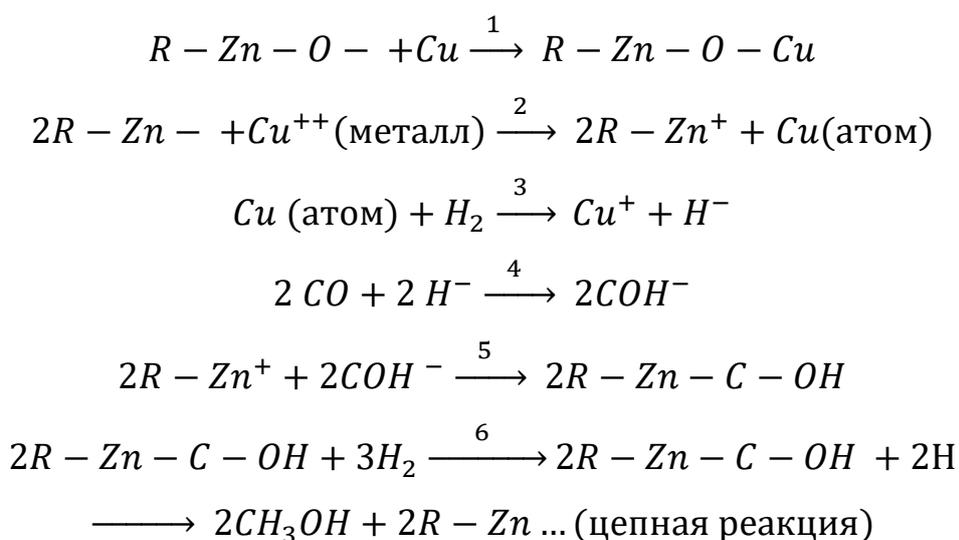
Синтез метанола – сложный гетерогенно–каталитический процесс, сопровождающийся образованием побочных продуктов по последовательным и параллельным стадиям реакции. Под воздействием примесей в исходном газе и состава реакционной среды катализатор со временем меняет химический состав и стимулирует развитие качественно новых процессов.

При изучении образования метанола из H_2 и CO_2 на медь – алюминиевом катализаторе экспериментально доказали, что образование метанола из диоксида углерода и водорода протекает по последовательному механизму [4]:



т.е. свойственному для синтеза на цинк – хромовом катализаторе.

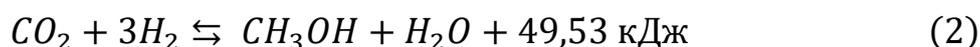
Диоксид углерода участвует также в фазовых превращениях на поверхности катализатора. Например, на цинк-медном катализаторе синтез может быть описан следующими стадиями:



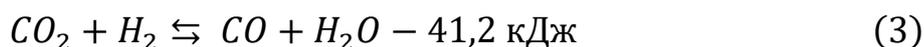
Согласно стадии 3, атомарная медь, содержащая в катализаторе, активирует водород – при образовании гидроксида меди водород диссоциирует на атомы и хемосорбируется на поверхности контакта.

1.2 Термодинамика синтеза

Основные реакции образования метанола – взаимодействие оксида углерода и диоксида углерода с водородом (реакция 1 и 2) – реакции обратимые и экзотермические [4]:



Тепловой эффект реакции взаимодействия оксида углерода и водорода незначительно возрастает с повышением температуры [5]. Кроме этих реакций, при синтезе метанола протекает и эндотермическая обратимая реакция взаимодействия диоксида углерода и водорода – реакция 3.



Экспериментальное определение константы равновесия реакции взаимодействия оксида углерода и водорода, приводило к значительным погрешностям. Хорошее совпадение с экспериментальными данными дает уравнение [5]:

$$\lg K_p = \frac{3748,7}{T} - 9,2833 \cdot \lg T + 3,1475 \cdot 10^{-3} \cdot T - 4,2613 \cdot 10^{-7} \cdot T^2 + 13,8144$$

С повышением температуры равновесная концентрация метанола снижается, в условиях низкотемпературного синтеза (9,8 и 29,4 МПа) равновесная концентрация снижается соответственно в 54 и 6 раз, а воды напротив, увеличивается в 5 и 2 раза [4]. При этих же условиях содержание диоксида углерода в равновесной смеси снижается, а оксида углерода повышается. Степень превращения оксидов углерода и водорода с повышением температуры снижается.

Повышение давления способствует более глубокой переработке оксидов углеродов, особенно CO, что следует из стехиометрии реакции 1 и 3, синтез

метанола протекает с уменьшением объема, а восстановление углерода – без его изменения [4].

В практических условиях, исходя из применяемого исходного сырья технологических предпосылок, технико-экономических соображений и требований к качеству метанола параметры процесса синтеза устанавливаются для каждого конкретного случая. Причем требования, обоснованные с точки зрения термодинамики процесса, могут оказаться не приемлемы для практики.

1.3 Катализаторы синтеза

Интенсификация производства метанола, создание крупных однолинейных установок и повышение качества товарного продукта во многом определяются активностью, селективностью и термостойкостью применяемых катализаторов.

В связи с изменением сырьевой базы (переход на природный газ), совершенствованием методов очистки газа и развитием техники в ряде стран используют цинк-медь-алюминиевые и цинк-медные катализаторы. Катализаторы, имеющие в своем составе медь, более активны, чем цинкхромовые, причем максимальная активность их наблюдается при 220—260 °С. В силу этой особенности катализаторы на основе меди обычно называют низкотемпературными. Высокая активность их при низких температурах позволяет проводить процесс при давлении ниже 20 МПа, что значительно упрощает аппаратное оформление. Развитие способов очистки сыграло важную роль в вытеснении цинкхромовых катализаторов катализаторами второго поколения, в основе которых используются медьсодержащие системы. Поэтому еще в 60-х годах прошлого столетия после появления разработок фирмы ICI практически все вновь вводимые установки получения метанола работали при низком давлении на медьсодержащих катализаторах, что позволило уменьшить концентрации побочных продуктов и улучшить качество метанола-сырца [6].

В настоящее время в промышленности используются низкотемпературные катализаторы синтеза метанола (цинк – медь –

алюминиевые, цинк – хром – медные и другие медьсодержащие контакты). Их производство включают две основные стадии: приготовление контактной массы и восстановление ее до активного состояния.

Снижение температуры синтеза метанола способствует повышению равновесных выходов метанола, увеличению селективности процесса и позволяет проводить его при пониженных давлениях. Установлено, что значительного снижения температуры в реакции синтеза метанола можно достичь в присутствии катализаторов на основе меди с композиции ее с цинком, алюминием, хромом, марганцем, натрием и другими элементами [5].

Мировыми лидерами в производстве катализаторов синтеза метанола являются такие крупные и всемирно известные компании, как «Johnson Matthey» (Великобритания), «Sud-Chemie» AG (Германия), «Haldor Topsoe» (Дания). Катализаторы синтеза метанола, предлагаемые этими компаниями, охватывают почти весь мировой рынок.

Рассмотрим актуальные низкотемпературные катализаторы перечисленных выше производителей.

1.3.1 Катализаторы фирмы «Johnson Matthey Catalysts»

Катализаторы компании «Johnson Matthey» серии «Katalco–51» нашли широкое применения в мировой практике синтеза метанола. В состав таких катализаторов помимо обычного носителя $ZnO-Al_2O_3$ входит и оксид магния (MgO), который способствует распределению и закреплению атомов меди на поверхности катализатора. Таким образом, катализаторы серии «Katalco–51» имеют повышенную активность на последних этапах своей службы.

Например, на действующей установке мощностью 2000 тонн в сутки после 4-х лет использования катализатора, его активность была повышена на 25%. На последних этапах эксплуатации, по сравнению с большинством других существующих катализаторов, производительность на этом катализаторе выше примерно на 3,5% [6].

Катализаторы фирмы «Johnson Matthey» активно применяются на 3-х крупнейших российских производствах метанола - ОАО «Метанол» (Томск),

ОАО «Метафракс» (Губаха), ОАО «Тольяттиазот». Также катализаторы применялись на ПАО «Акрон» (Новгород).

1.3.2 Катализаторы фирмы «Sud-Chemie» AG

Катализаторы фирмы «Sud-Chemie» AG характеризуются лучшей селективностью, длительным сроком службы, наилучшими эксплуатационными показателями. Не так давно был разработан новый катализатор С 79–7 GL, сочетающий в себе длительный срок службы с высокой активностью (до 7 лет) и высокую селективность. Ниже представлены результаты его эксплуатации на заводе в Аль-Джубраиле. (рисунок 3).

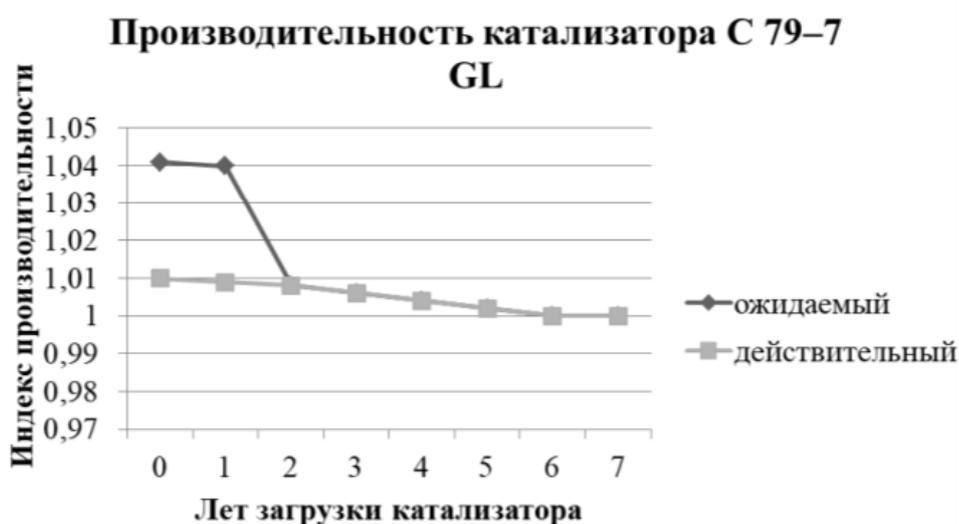


Рисунок 3 – Характеристики работы катализатора С 79–7 GL [6].

На рисунке 3 сравнивается прогнозируемый индекс производительности метанола с действительным. Снижение индекса производительности объяснялось главным образом колебаниями в составе исходного газа, которые сглаживались с повышением содержания инертных компонентов. Прогнозируемая эффективность в данном случае очень хорошая: 95% на 7 лет. Обычно ресурс стойкости катализаторов метанола варьируются между 4 и 6 годами.

При синтезе метанола образуется некоторое количество побочных продуктов, главные из которых – этанол, высшие спирты и ацетон. В данном отношении катализатор значительно превзошел прогнозы.

Несмотря на то, что гарантированный срок службы равняется 5 годам, однако ожидаемый ресурс стойкости достигает 7 лет. Катализатор показал очень высокую активность при старте, а сравнительно быстрая деактивация, которая часто встречается у катализаторов метанола, в данном случае не наблюдалась.

В России катализаторы С 79–5 GL и С 79–6 GL активно применяются на ОАО «Акрон» (Великий Новгород).

1.3.3 Катализаторы фирмы «Haldor Topsoe»

Компанией были разработаны и выпущены катализатор синтеза метанола МК–101 (1984 г.) и более новый и совершенный катализатор МК–121 (1999 г.) [6].

Катализатор МК–101 имеет высокую и стабильную каталитическую активность, что обеспечивает оптимальную эффективность использования углеводородного сырья. Он также обладает высокой селективностью. Рекомендуемый диапазон рабочих температур для него составляет 205 – 310°C. Возможно также кратковременное воздействие высоких температур вплоть до 350°C. Катализатор разработан для рабочих давлений 4 – 12 МПа, но ими не ограничен.

Термическое старение и агломерация катализатора приводит к медленному естественному снижению каталитической активности. Этот процесс проявляется в наибольшей степени в первый год эксплуатации, после которого катализатор становится стабильным.

Ожидаемый срок службы катализатора МК–101 составляет 3 – 6 лет в зависимости от конструкции агрегата и установленного объема катализатора. В 1999 году компанией был разработан катализатор синтеза метанола МК–121. Данный катализатор обладает на 10% большей активностью, большей стабильностью активности, а также большей селективностью (примерно на 15%), чем МК–101.

В России катализаторы компании использовались на ОАО «Акрон» (Новгород).

1.3.4 Производство катализаторов синтеза метанола в СНГ

В странах СНГ существует по крайней мере три производства катализаторов синтеза метанола. Самое крупное из них располагается в Украине на Северодонецком ГПП «Объединения Азот», где выпускали цинкхромовые катализаторы СМС–4 (Северодонецкий метанольный среднетемпературный) и медь-цинк-хромовые катализаторы СМС–5. Катализатор СМС–4 цинк-хромовый, $ZnCr_2O_3 \cdot 3ZnO$, негорючий темнозеленый порошок. Химический состав: 65% ZnO, 31% Cr₂O₃, 1% H₂O, 3% графит.

Катализатор СМС–4 выпускается в невосстановленном или восстановленном виде в форме цилиндрических таблеток.

На Чирчикском ПО «Электрохимпром» (Узбекистан) производили медь-цинк-алюминиевые катализаторы соосажденно-смешанного типа СНМ–1 (Северодонецкий низкотемпературный метанольный). Химический состав невосстановленного образца следующий: 52 – 54% CuO, 26 – 28% ZnO, 5 – 6% Al₂O₃, насыпная масса 1,3 – 1,5 кг/м³, удельная поверхность 80 – 90 м²/г, пористость ~ 50% [6].

На заводе Новомосковского НИАП (Россия, Тульская обл.) выпускали медьцинкхромалюминиевые катализаторы ДВ–8–1 и ДВ–8–2. Этот тип катализаторов уже не производится.

Данные типы катализаторов были ориентированы по большей части на высокотемпературные производства, число которых стремительно уменьшалось, т.к. полученный высокотемпературным синтезом метанол был плохого качества.

Спустя время на заводе Новомосковского НИАП началось производство катализаторов СНМ–У (Северодонецкий низкотемпературный метанольный универсальный), которые не уступали западным катализаторам в активности, селективности и цене. Его активно используют на заводах в Северодонецке, Щекино, Новомосковске, Гродно и на установке компании «АХЕМА» в Литве.

Это единственный отечественный катализатор синтеза метанола, имеющий перспективы на рынке СНГ.

В заключение можно сказать, что все перечисленные катализаторы имеют свои плюсы и минусы. Однако, наиболее рациональным в использовании, а также распространенным катализатором является катализатор – СММ–У [7]. Но, к сожалению, с развитием технологий, даже такой универсальный катализатор скоро найдет свою замену в синтезе метанола.

1.4 Дезактивация катализаторов синтеза метанола

Дезактивация катализатора бывает обратимая и необратимая. При обратимой дезактивации происходит блокирование активных центров катализатора полимерными образованиями или углеводородными отложениями. Доступ к активным центрам катализатора можно восстановить с помощью регенерации, как правило, путем окисления кислородом. При необратимой дезактивации катализатор не подлежит регенерации, т.к. изменяется уже химическая (отравление) или физическая (спекание) структура катализатора [6].

Уменьшение активности катализатора (дезактивация), как правило, приводит к ужесточению условий протекания процесса. В реальных процессах синтеза метанола уменьшение активности катализатора компенсируют повышением температуры сырья, поступающего в катализаторный слой.

Перед подачей в реактор синтез-газ не должен содержать вредные вещества, которые могут навредить катализатору. Катализаторы синтеза метанола подвергаются отравлению тяжелыми и щелочными металлами, мышьяком или хлором в свободной форме или в виде сложных соединений. Именно поэтому синтез-газ еще на стадии получения его из природного газа очищается от вредных веществ.

Основная причина дезактивации низкотемпературных катализаторов синтеза метанола может быть связана с разрушением активных центров (ZnCu-центров) катализатора, под воздействием температуры. Активность

низкотемпературных катализаторов синтеза метанола уменьшается тем быстрее, чем выше температура среды, в которой они работают. Поэтому на начальных этапах работы катализатора, синтез метанола стараются проводить при наименьшей температуре.

Деактивация катализатора нередко характеризуется производительностью реактора. Когда производительность реактора становится не рациональной для предприятия, то катализатор регенерируют либо меняют на новый. Средний срок службы низкотемпературных катализаторов синтеза метанола варьируется от 4 до 6 лет.

1.5 Технологические схемы синтеза метанола

Снижение температуры процесса способствует повышению равновесных выходов метанола, увеличению селективности процесса и позволяет проводить его при пониженных давлениях. Именно поэтому широкое распространение получили технологические схемы синтеза метанола на низкотемпературных катализаторах при пониженном давлении. Процесс проводят в основном при 5 – 10 МПа на медьсодержащих катализаторах с циркуляцией газа.

Основная особенность заключается в том, что исходный газ для синтеза метанола на низкотемпературном медьсодержащем катализаторе должен быть тщательно очищен от каталитических ядов (серы, хлора). Природный газ содержит соединения серы $10 - 300 \text{ мг/м}^3$, содержание которых в природном газе не должно превышать $0,5 \text{ мг / м}^3$. Содержание серы в свежем газе (исходный+циркуляционный) не должно превышать $0,15 \text{ мг/м}^3$ [8]. В связи с этим схема представляет большой интерес, поскольку соединения серы в природном газе поглощаются ацетиленовыми растворителями. Схема получения метанола из синтез-газа (рисунок 4) компактна и эффективна. Производственные мощности определяются ресурсом природного газа и обычно достигают 100 – 110 млн тонн в год [10].

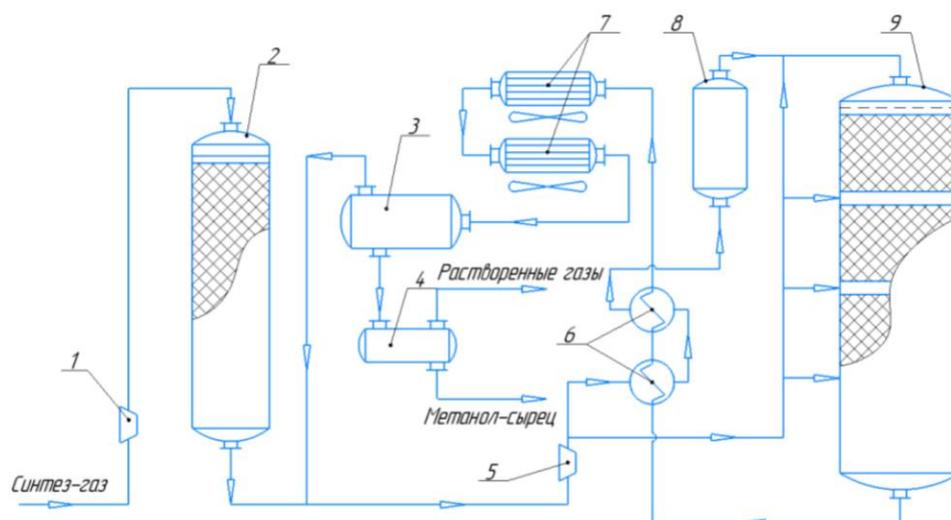


Рисунок 4 – Схема синтеза метанола под давлением 5 МПа:

1, 5 – компрессоры; 2 – фильтр; 3 – сепаратор; 4 – сборник;

6 – теплообменники; 7 – воздушные холодильники;

8 – электроподогреватель; 9 – реактор [4].

Синтез-газ подается на турбокомпрессор 1, очищается от паров растворителя ацетилена на угольном фильтре 2 и смешивается с циркуляционным газом. Для регулирования соотношения реагирующих компонентов в синтез-газ добавляется газ с высоким содержанием водорода (12 – 16% отн.), например продувочный газ из производства метанола под высоким давлением. Циркуляция газа обеспечивается центробежным компрессором 5. Циркуляционный газ, проходя теплообменник 6 и электроподогреватель 8, поступает в шахтный реактор синтеза 9. Понижение температуры процесса осуществляется подачей в слой катализатора байпасного потока газа, который распределяется с помощью специально сконструированных камер смешения.

Температура газа на входе в реактор 205 – 225°C, максимальная температура в слое катализатора 290°C. Выходящий из реактора циркуляционный газ отдает тепло газу, поступающему в реактор в рекуперационных теплообменниках 6 и направляется в воздушные холодильники-конденсаторы 7. Сконденсировавшийся метанол, вода и другие

побочные продукты отделяются в сепараторе 3. Метанол-сырец из сборника 4 направляется на ректификацию. Циркуляционный газ из сепаратора возвращается на всасывающую линию циркуляционного компрессора 5. Недостатком схемы является применение турбокомпрессоров с электроприводами, что приводит к расходованию электроэнергии до 800 – 900 кВт-ч/т [4].

На рисунке 5 приведена схема синтеза метанола с агрегатом мощностью 300 – 400 тыс. т в год под давлением 5 – 9 МПа из газа, полученного конверсией метана в трубчатых печах.

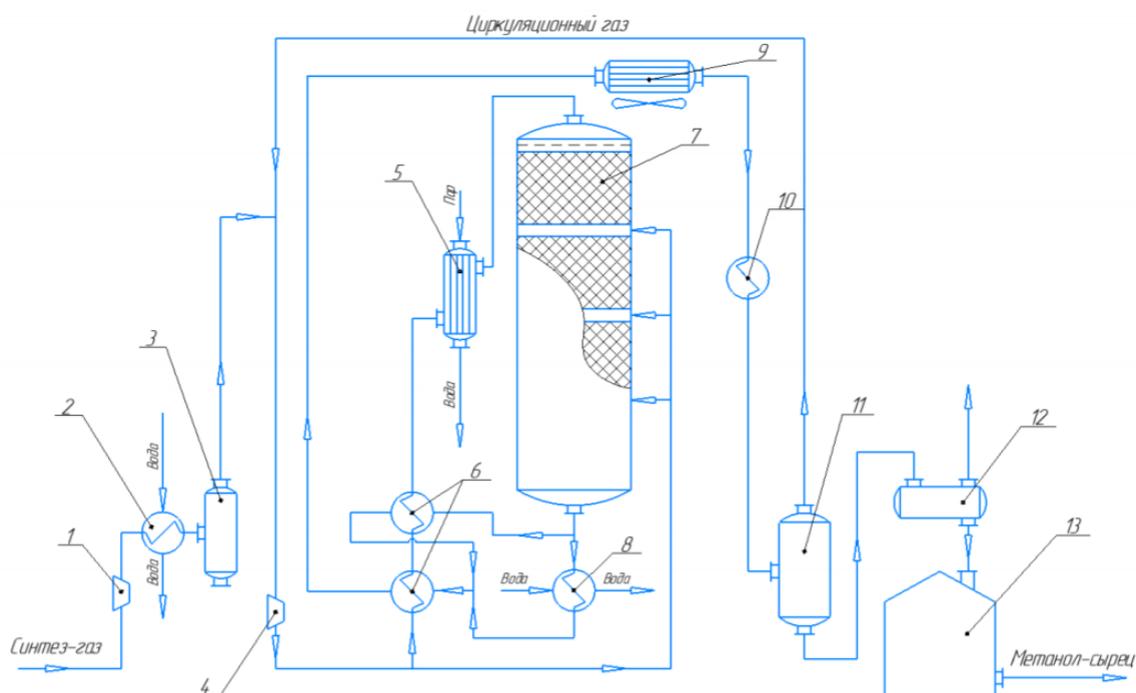


Рисунок 5 – Схема синтеза метанола под давлением 9 МПа:

1, 4 – компрессоры; 2, 10 – холодильники; 3, 11 – сепараторы; 5 – подогреватель; 6 – теплообменники; 7 – реактор; 8 – подогреватель конденсата; 9 – воздушный холодильник, 12 – сборник, 13 – хранилище метанола-сырца. [4]

Для привода дожимающего и циркуляционного компрессоров используется перегретый пар, полученный непосредственно в агрегате. Исходный газ давлением 1,2 – 2,2 МПа компрессором сжимается до давления 5,0 – 9,0 МПа. Давление до и после компрессора обусловлено схемой

подготовки газа и давлением в цикле синтеза метанола. Различие схем синтеза метанола под давлением 5 и 9 МПа состоит в использовании катализатора: при более высоком давлении применяется несколько менее активный, но более термостойкий катализатор [8].

Смесь исходного и циркуляционного газов подогревается до температуры начала реакции в рекуперационном теплообменнике 6 и поступает в паровой подогреватель 5. Последний используется при разогреве реактора и при нарушениях технологического режима. Нагретый до 205 – 225 °С циркуляционный газ направляется в шахтный реактор синтеза 7, в котором на медьсодержащем катализаторе протекает процесс образования 24 метанола. Поддержание температуры по слоям катализатора в реакторе осуществляется вводом холодного газа [11].

Используемые в настоящее время технологические схемы принципиально не отличаются от схемы, изображенной на рисунке 5.

Промышленным объектом, с которого были взяты исходные данные для моделирования процесса, является установка реакторного блока синтеза метанола агрегата «М – 750» На рисунке 7 приведена принципиальная схема реакторного блока синтеза метанола агрегата М – 750.

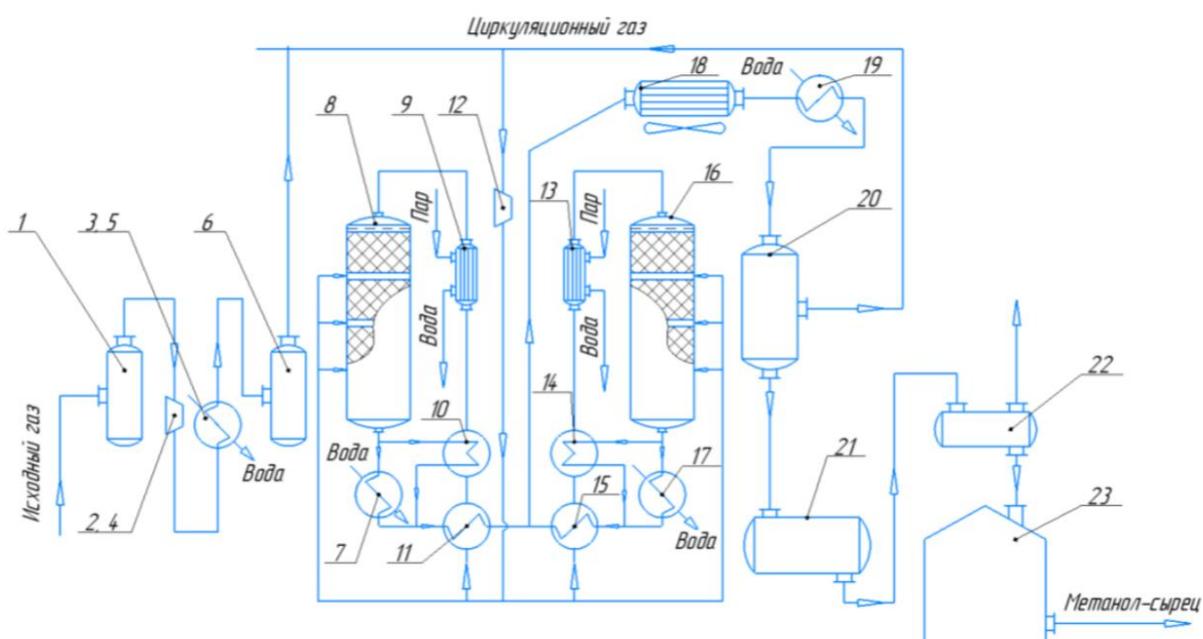


Рисунок 6 – Схема синтеза метанола на агрегате мощностью 750 тыс. т/г: 1, 6, 20 – сепараторы; 2, 4, 12 – компрессоры; 3, 5 – холодильники; 7, 17 – подогреватели конденсата; 8, 16 – реакторы; 9, 13 – паровой подогреватель; 10, 11, 14, 15 – рекуперационные теплообменники; 18, 19 – холодильники конденсатор; 21 – сборник; 22 – дегазатор; 23 – хранилище метанола-сырца.

Конвертированный газ, полученный паровой конверсией метана в трубчатых печах, двухступенчатым компрессором 2, 4 сжимается от 1,5 до 7,7 МПа и смешивается с циркуляционным газом (рисунок 6). После каждой ступени компрессора газ охлаждается в холодильниках 3, 5, сконденсировавшаяся влага отделяется в сепараторах 1, 6. Привод ступеней компрессора осуществляется паровыми турбинами, использующими пар 41 давлением 10,4 МПа и температурой 490°C.

Тепло прореагировавшего газа, выходящего из колонны синтеза, используется для подогрева питательной воды котлов-утилизаторов в подогревателях 7 и 17 и подогрева газа, поступающего в колонну, в теплообменниках 10 и 14.

Свежий синтез-газ, смешиваясь с циркуляционным газом, разделяется на два потока и поступает к основным реакторам синтез. Первый поток, пройдя каскад рекуперационных теплообменников, поступает в основные реакторы синтеза 8, 16. Второй поток направляется для создания байпасного потока, предназначенного для промежуточного охлаждения зоны реакции после каждой полки катализатора.

Тепло прореагировавшего газа, выходящего из колонны синтеза, используется для подогрева питательной воды котлов-утилизаторов в подогревателях 7 и 17 и подогрева газа, поступающего в колонну, в теплообменниках 10 и 14.

Газопродуктовая смесь, пройдя каскад теплообменников, направляется для охлаждения в аппарат воздушного охлаждения 18 и водяной холодильник 19, а затем на разделение в сепаратор 20. Отделенный газ направляется обратно на смешение со свежим синтез-газом, а смесь метанола и воды

(метанол-сырец), проходя через сборник 21 направляется в дегазатор 22. Полученный метанол – сырец собирается в хранилище 23, после которого он направляется на ректификацию [12].

Реактор синтеза метанола представляет собой цилиндрический аппарат диаметром 4,38 м и высотой 17,5 м. Низкотемпературный Zn-Cu-Al катализатор синтеза распределён на 4 полки, между которыми предусмотрен ввод холодного потока газа для снижения общей температуры сырья и разбавления газо-продуктовой смеси. Смесительное устройство представляет собой тор с диаметром образующей окружности 140 мм. По всей окружности устройства равномерно распределены 480 отверстий диаметром 6 мм для смешения холодного байпасного потока с газо-продуктовой смесью в реакторе. Применение устройств подобной конструкции позволяет добиться равномерного смешения газовых потоков и избежать локальных зон перегрева газа [4].

Используемые в схеме технологические решения хорошо учитывают физико-химические особенности процесса синтеза метанола. Интенсивная циркуляция обеспечивает большие линейные скорости в реакторах и, следовательно, снятие диффузионных ограничений локальных тепловых напряжений, снижает до минимума протекание побочных реакций образования углеводородов. Холодные байпасные потоки поддерживают общий тепловой баланс реакторов и заданный профиль температур в пределах 210 – 290°C [4].

Существенное различие в температуре конденсации продукта реакции (смесь метанола и воды) и остальных компонентов реакционной смеси (CO, CO₂, H₂) позволяет при температуре порядка 40°C достаточно легко выделить метанол-сырец и вновь использовать циркуляционный газ в синтезе. Для этих целей в реакторной схеме применяются газосепараторы.

2 МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

2.1 Характеристика компьютерной программы моделирования синтеза метанола Methanol TPU

Для исследования процесса синтеза метанола была использована модель, описанная в работе [9].

Рассмотрим основные составляющие данной модели.

Была задана следующая схема превращения веществ в процессе синтеза:

Брутто-реакции синтеза	Реакции на поверхности катализатора
$\text{CO} + 2\text{H}_2 = \text{CH}_3\text{OH}$;	$[\text{Me}] + \text{CO} \rightarrow [\text{MeCO}]$;
$\text{CO}_2 + \text{H}_2 = \text{CO} + \text{H}_2\text{O}$;	$2[\text{Me}]' + \text{H}_2 \rightarrow 2[\text{Me}'\text{H}]$;
$\text{CH}_3\text{OH} + \text{CH}_3\text{OH} = \text{CH}_3\text{OCH}_3$;	$[\text{Me}'\text{H}] + [\text{MeCO}] \rightarrow [\text{Me}'] + [\text{MeCHO}]$;
$\text{CO} + 3\text{H}_2 = \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$;	$[\text{MeCHO}] + [\text{Me}'\text{H}] \rightarrow [\text{MeCH}_2\text{O}] + [\text{Me}']$;
	$[\text{MeCH}_2\text{O}] + [\text{Me}'\text{H}] \rightarrow [\text{MeCH}_3\text{O}] + [\text{Me}']$;
	$[\text{MeCH}_3\text{O}] + [\text{Me}'\text{H}] \rightarrow \text{CH}_3\text{OH} + [\text{Me}] + [\text{Me}']$

где Me – активный центр катализатора.

При составлении кинетической модели процесса были получены уравнения 4 – 7, являющиеся уравнениями скоростей реакций, представленных выше:

$$r_1 = \frac{k_1 K_{\text{CO}} K_{\text{H}_2}^2 K_{\text{CH}_3\text{CO}} (P_{\text{CO}} P_{\text{H}_2}^2 - P_{\text{CH}_3\text{OH}} / K_{p_1})}{(1 - K_{\text{CO}} P_{\text{CO}}) (1 + K_{\text{H}_2}^{0,5} P_{\text{H}_2}^{0,5} + K_{\text{H}_2\text{O}} P_{\text{H}_2\text{O}})} \quad (4)$$

$$r_2 = \frac{k_1 K_{\text{CO}_2} K_{\text{H}_2}^{0,5} (P_{\text{CO}_2} P_{\text{H}_2} - P_{\text{CO}} P_{\text{H}_2\text{O}} / K_{p_2}) / P_{\text{H}_2}^{0,5}}{(1 + K_{\text{H}_2}^{0,5} P_{\text{H}_2}^{0,5} + K_{\text{H}_2\text{O}} P_{\text{H}_2\text{O}}) (1 + K_{\text{CO}_2} P_{\text{CO}_2})} \quad (5)$$

$$r_3 = \frac{k_{\text{ДМЭ}} K_{\text{CH}_3\text{OH}}^2 (C_{\text{CH}_3\text{OH}}^2 - ((C_{\text{H}_2\text{O}} C_{\text{ДМЭ}}) / K_{p_{\text{ДМЭ}}}))}{(1 + 2\sqrt{K_{\text{CH}_3\text{OH}} C_{\text{CH}_3\text{OH}} + K_{\text{H}_2\text{O}, \text{ДМЭ}} C_{\text{H}_2\text{O}}})^4} \quad (6)$$

$$r_2 = \frac{k_{\text{CH}_4} K_{\text{CH}_3\text{OH}}^2 (C_{\text{CH}_3\text{OH}}^2 - ((C_{\text{H}_2\text{O}} C_{\text{CH}_4}) / K_{p_{\text{CH}_4}}))}{(1 + 2\sqrt{K_{\text{CH}_3\text{OH}} C_{\text{CH}_3\text{OH}} + K_{\text{H}_2\text{O}, \text{CH}_4} C_{\text{H}_2\text{O}}})^4} \quad (7)$$

где r_1 – скорость целевой реакции образования метанола из CO, моль/с; r_2 – скорость реакции конверсии CO, моль/с; r_3 – скорость реакции образования метанола, моль/с; r_4 – скорость реакции образования метана, моль/с; k – константа скорости соответствующей реакции, c^{-1} ; K_i – константа равновесия по соответствующему веществу; P_i – парциальное давление соответствующего компонента, МПа; C – концентрация соответствующего компонента, % моль.

Несмотря на то, что схожие кинетические уравнения приведены в работе [9], в этой работе не учитывается реакция образования метана в процессе синтеза. На основании представленной схемы превращения веществ было получено уравнение скорости образования метана (7) и включено в итоговую кинетическую модель, положенную в основу математической модели реактора.

На основании данной математической модели была составлена моделирующая программа расчета реактора синтеза метанола «М – 750» (рисунок 7)

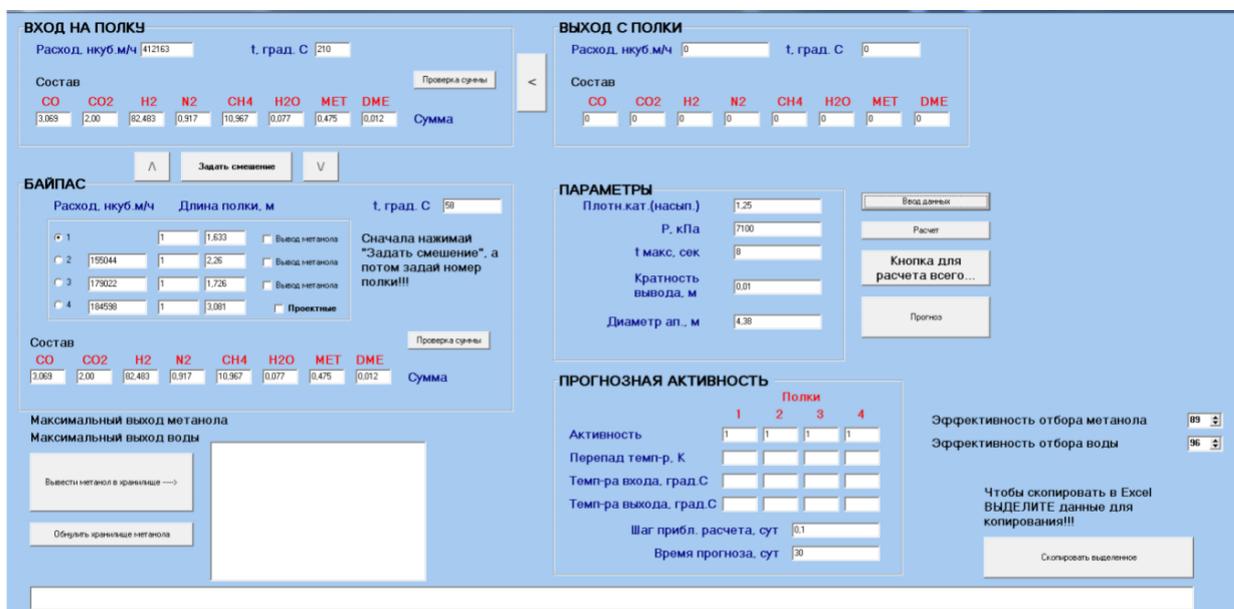


Рисунок 7 – Основное рабочее окно моделирующей программы

Фактически, программа все время считает одну и ту же полку, для нее меняю состав на входе, расход сырья и его температуру. Прочие данные о катализаторе и реакторе, которые, по сути, от полки к полке не меняются, задаю в панели «Параметры».

Чтобы провести расчет одной полки нужно последовательно нажать кнопки «Ввод данных» и «Расчет». При этом в нижней части основного окна программы будет показано, как изменяются мольные доли, мольные концентрации, парциальные давления компонентов, а также давление и температура сырья (плюс еще несколько вспомогательных параметров)

Расход	Мольные доли, %								Мольные концентрации, моль/л								Парциальные давления, Па								P. Па	Т,р.С		
н.куб.м/ч	CO	CO2	H2	N2	CH4	H2O	CH3OH	DME	CO	CO2	H2	N2	CH4	H2O	CH3OH	DME	CO	CO2	H2	CH4	H2O	CH3OH	DME	P. Па	Т,р.С			
0.00	3.07	2.00	82.48	0.92	10.97	0.00	0.48	0.01	0.06205	0.04096	1.68918	0.01670	0.22460	0.00150	0.00973	0.00025	21.7899	14.2000	58962.80	865107	779057	056467	032075	000652	7100000	144	0.00	0.00000
0.01	2.81	2.09	82.50	0.92	11.01	0.01	0.67	0.01	0.05927	0.04295	1.68311	0.01670	0.22460	0.00150	0.01361	0.00025	201899	150243	593295	868194	791657	056414	047906	000666	7191151	151	30.32	2.04318
0.02	2.67	1.96	82.19	0.92	11.05	0.24	0.86	0.01	0.05625	0.03779	1.67937	0.01670	0.22460	0.00150	0.01753	0.00025	206576	132969	593715	868632	786986	016363	052099	000672	7202623	154	31.03	2.03219
0.03	2.21	2.34	82.59	0.93	11.09	0.24	0.86	0.01	0.04475	0.04732	1.67206	0.01670	0.22460	0.00149	0.02147	0.00025	163279	172689	6191251	868525	819533	017461	070339	000687	7300333	166	31.09	2.02443
0.04	2.61	1.75	81.93	0.93	11.14	0.25	1.27	0.01	0.05259	0.03530	1.67193	0.01670	0.22460	0.00176	0.02557	0.00025	191296	129652	609880	868269	816952	026027	052599	000684	7232965	165	29.29	2.01624
0.05	1.93	2.26	82.36	0.93	11.18	0.14	1.46	0.01	0.03883	0.04537	1.65437	0.01670	0.22460	0.00204	0.02934	0.00025	145157	168626	6189162	870210	839689	016599	100695	000919	7090959	177	31.29	2.00869
0.06	2.14	1.86	81.88	0.94	11.23	0.26	1.67	0.01	0.04279	0.03727	1.63799	0.01670	0.22460	0.00227	0.03348	0.00025	160299	139691	6178913	870292	841868	019740	126489	000921	7490320	179	31.49	2.00042
0.07	1.91	1.94	81.89	0.94	11.27	0.30	1.95	0.01	0.03983	0.03863	1.63253	0.01670	0.22460	0.00251	0.03809	0.00025	144461	146743	6262173	871346	853281	014953	140134	000934	7572944	184	31.54	1.99360
0.08	1.80	1.89	81.79	0.95	11.30	0.25	2.02	0.01	0.03586	0.03794	1.62495	0.01670	0.22460	0.00289	0.04014	0.00025	137939	143876	6231573	872018	861306	019143	153919	000942	7632386	188	31.65	1.98710
0.09	1.70	1.96	81.69	0.95	11.34	0.29	2.17	0.01	0.03344	0.03646	1.61847	0.01670	0.22460	0.00307	0.04303	0.00025	131299	142605	626998	872647	868034	021541	165477	000951	7646969	192	31.74	1.98130
0.10	1.61	1.83	81.61	0.95	11.37	0.32	2.31	0.01	0.03173	0.03621	1.61269	0.01670	0.22460	0.00333	0.04560	0.00025	125273	141136	6296067	873200	875444	024683	177443	000958	7702982	196	31.82	1.97617
0.11	1.53	1.80	81.53	0.95	11.39	0.35	2.43	0.01	0.03010	0.03599	1.60757	0.01670	0.22460	0.00357	0.04795	0.00025	119100	139624	6307242	873680	881191	027263	187733	000964	7759794	199	31.89	1.97167
0.12	1.46	1.79	81.47	0.95	11.41	0.38	2.53	0.01	0.02872	0.03581	1.60305	0.01670	0.22460	0.00373	0.04962	0.00025	113384	138119	6329112	874097	889176	029711	199954	000970	7784842	202	31.96	1.96774
0.13	1.40	1.75	81.41	0.96	11.43	0.41	2.62	0.01	0.02753	0.03446	1.59896	0.01670	0.22460	0.00387	0.05154	0.00025	109163	136852	6348032	874460	899517	032000	204396	000974	7789398	204	32.01	1.96429
0.14	1.35	1.73	81.35	0.96	11.45	0.44	2.71	0.01	0.02651	0.03396	1.59552	0.01670	0.22460	0.00397	0.05306	0.00025	105964	135241	6363254	874778	904323	034132	214290	000979	7800960	206	32.06	1.96125
0.15	1.31	1.71	81.30	0.96	11.47	0.46	2.78	0.01	0.02562	0.03329	1.59229	0.01670	0.22460	0.00404	0.05442	0.00025	103410	133992	6384472	875040	907986	036118	217403	000982	7803113	208	32.11	1.95894
0.16	1.27	1.69	81.25	0.96	11.48	0.48	2.84	0.01	0.02484	0.03267	1.58949	0.01670	0.22460	0.00407	0.05563	0.00025	101423	133005	6374265	875310	909084	037927	223002	000986	7804827	209	32.15	1.95612
0.17	1.24	1.67	81.22	0.96	11.49	0.51	2.90	0.01	0.02415	0.03236	1.58696	0.01670	0.22460	0.00409	0.05672	0.00025	997130	132300	6382897	875526	910377	039707	228954	000989	7805177	211	32.18	1.95383
0.18	1.21	1.65	81.19	0.96	11.51	0.53	2.96	0.01	0.02353	0.03229	1.58453	0.01670	0.22460	0.00410	0.05772	0.00025	984895	132123	6390571	875729	909916	041536	232787	000991	7807399	212	32.22	1.95193
0.19	1.18	1.64	81.14	0.96	11.52	0.54	3.01	0.01	0.02297	0.03193	1.58235	0.01670	0.22460	0.00410	0.05863	0.00025	982895	129959	6397449	875925	909039	042671	237045	000994	7804309	213	32.24	1.95011
0.20	1.15	1.62	81.11	0.96	11.53	0.56	3.05	0.01	0.02247	0.03160	1.58034	0.01670	0.22460	0.00410	0.05947	0.00025	979344	129295	6403659	876096	910079	044322	240981	000996	7809211	214	32.27	1.94843
0.21	1.13	1.61	81.08	0.96	11.54	0.59	3.09	0.01	0.02201	0.03128	1.57846	0.01670	0.22460	0.00412	0.06025	0.00025	975929	127016	6409321	876253	911960	045696	244636	000998	7809220	215	32.30	1.94688
0.22	1.11	1.59	81.05	0.97	11.54	0.59	3.13	0.01	0.02166	0.03098	1.57672	0.01670	0.22460	0.00411	0.06097	0.00025	972655	126480	6414487	876399	913795	047003	248940	001000	7914487	216	32.32	1.94543
0.23	1.09	1.58	81.02	0.97	11.55	0.61	3.17	0.01	0.02139	0.03070	1.57508	0.01670	0.22460	0.00410	0.06165	0.00025	969568	125103	6419195	876525	915330	048240	251244	001002	7923024	217	32.34	1.94401
0.24	1.07	1.57	80.99	0.97	11.56	0.62	3.21	0.01	0.02083	0.03042	1.57354	0.01670	0.22460	0.00411	0.06228	0.00025	966521	124202	6423927	876662	916990	049437	254290	001003	7931003	218	32.36	1.94269
0.25	1.06	1.56	80.97	0.97	11.57	0.64	3.24	0.01	0.02040	0.03017	1.57209	0.01670	0.22460	0.00410	0.06286	0.00025	963594	123334	6427621	876791	919277	050766	257057	001005	7938464	219	32.38	1.94141
0.26	1.04	1.54	80.94	0.97	11.57	0.65	3.27	0.01	0.02019	0.02992	1.57071	0.01670	0.22460	0.00410	0.06344	0.00025	960816	122496	6431393	876924	919621	051688	259772	001006	7945465	219	32.40	1.94049
0.27	1.03	1.53	80.92	0.97	11.58	0.66	3.30	0.01	0.01988	0.02969	1.56940	0.01670	0.22460	0.00410	0.06398	0.00025	958159	121687	6434916	877000	920091	052717	262320	001008	7952057	220	32.41	1.93942
0.28	1.01	1.52	80.90	0.97	11.59	0.69	3.33	0.01	0.01960	0.02945	1.56816	0.01670	0.22460	0.00410	0.06448	0.00025	955684	120904	6438216	877102	920394	053728	264745	001009	7959391	221	32.43	1.93840
0.29	1.00	1.51	80.88	0.97	11.59	0.69	3.35	0.01	0.01934	0.02923	1.56697	0.01670	0.22460	0.00410	0.06493	0.00025	953297	120147	6441318	877196	920527	054702	267090	001010	7964174	221	32.44	1.93744
0.30	0.99	1.50	80.86	0.97	11.60	0.70	3.38	0.01	0.01909	0.02902	1.56584	0.01670	0.22460	0.00410	0.06543	0.00025	950991	119412	6444239	877297	920634	055643	269261	001011	7969196	222	32.46	1.93652

Рисунок 8 – Расчет полки в программе

Как видно из рисунка 8 результаты расчета (состав продуктового потока на выходе с полки, его расход и температура) выводятся на панель «Выход с полки». Далее необходимо передать «выход с полки» на вход следующей полки, подлежащей расчету. Для этого нужно нажать кнопку копирования данных.

Эта операция соответствует тому, что происходит в реакторе: продукт с полки попадает в область над нижележащей полкой, в которой смешивается с байпасным потоком. Таким образом, далее необходимо задать смещение с байпасным потоком. Все характеристики байпасных потоков приведены в панели «Байпас» (рисунок 9):

Λ **Задать смещение** V

БАЙПАС

Расход, н.куб.м/ч

Длина полки, м

t, град. С

<input checked="" type="radio"/> 1	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="1,633"/>	<input type="checkbox"/> Вывод метанола
<input type="radio"/> 2	<input type="text" value="155044"/>	<input type="text" value="2,26"/>	<input type="checkbox"/> Вывод метанола
<input type="radio"/> 3	<input type="text" value="179022"/>	<input type="text" value="1,726"/>	<input type="checkbox"/> Вывод метанола
<input type="radio"/> 4	<input type="text" value="184598"/>	<input type="text" value="3,081"/>	<input type="checkbox"/> Проектные

Сначала нажимай "Задать смещение", а потом задай номер полки!!!

Состав

CO	CO2	H2	N2	CH4	H2O	MET	DME	Сумма
<input type="text" value="3,069"/>	<input type="text" value="2,00"/>	<input type="text" value="82,483"/>	<input type="text" value="0,917"/>	<input type="text" value="10,967"/>	<input type="text" value="0,077"/>	<input type="text" value="0,475"/>	<input type="text" value="0,012"/>	

Рисунок 9 – Окно параметров байпасных потоков

Чтобы смешать потоки нажимаю кнопку «Задать смещение». При этом происходит расчет новых параметров: температуры потока, его состава и расхода. Результаты расчетов передаются на панель «Вход на полку». Последний шаг перед расчетом новой полки – задание ее длины, это делается переключением номера полки. Все, после этого программа готова к расчету следующей полки.

Таким образом, после того как посчитана одна полка, расчет каждой последующей полки представляет собой последовательность действий:

- Нажатие кнопки копирования данных из панели «Выход с полки» в панель «Вход на полку»;
- Нажатие кнопки «Задать смещение»;
- Выбор порядкового номера рассчитываемой полки;
- Нажатие кнопки «Ввод данных»;
- Нажатие кнопки «Расчет».

Кнопка «Кнопка для расчета всего» заменяет последовательный расчет всех 4 полок реактора «М – 750». В конце расчета в панель «Выход с полки» выводятся данные о потоке из реактора. Этот тип расчета может быть использован для расчета производительности реактора в целом.

Наиболее эффективным способом повышения производительности установки синтеза метанола является усовершенствование технологической схемы реакторного блока. Математическое моделирование синтеза метанола позволяет повысить производительность установки с минимальными дополнительными затратами: модернизировать существующие реакторные установки или выбрать оптимальный технологический режим процесса в зависимости от конструкции реактора, состава используемого катализатора и сырья.

2.2 Характеристика компьютерной программы для расчета жидкофазного равновесия – UniSim Design

Компьютерная программа UniSim Design – это система моделирования промышленных химико-технологических процессов, которая позволяет создавать статические и динамические модели установок или отдельных аппаратов и осуществлять поиск направлений совершенствования протекающих там процессов.

В данной программе есть большой выбор аппаратов химической промышленности (сепараторы, фракционные колонны, делители, смесители, теплообменники, контактные аппараты, печи и т.д.) настройку которых, можно осуществить под современные технологические процессы. Поэтому данная программа хорошо подходит для расчета газожидкостного равновесия, например, для процесса отделения метанола-сырца от продуктовой смеси.

Для работы с сырьем и продуктами метанольной промышленности в среде UniSim Design, как правило, используется термодинамический пакет Peng Robinson.

3 ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Исследование выходных данных процесса при изменении входных параметров.

В качестве исходных данных для моделирования реактора в программе были использованы значения, приближенные к данным с действующей установки (таблицы 2 и 3)

Таблица 2 – Состав циркуляционного газа для расчета на программе

Содержание вещества, мольн. %	CO	CO ₂	H ₂	N ₂	CH ₄	Диметиловый эфир	H ₂ O	Метанол
Состав	3	2,2	82,4	0,9	10,9	0,01	0,09	0,5

Таблица 3 – Технологические параметры работы реактора для расчета на моделирующей программе

№	Параметр	Значение
1	Общий расход сырья на 2 реактора, тыс. нм ³ /час	2200-6600
2	Температура входа сырья на полку, °С	210
3	Температура байпасных потоков, °С	55
4	Давление в реакторе, МПа	7,1
5	Длины катализаторных полок, м	1,63/2,26/1,73/3,08

Для проведения данного исследования изменяли входную температуру в пределах от 205 до 225 °С и температуру байпасного потока в пределах от 38 до 58 °С с шагом 10 °С, также изменяли давление в реакторе с 4 до 10 МПа с шагом в 1 МПа. Результаты приведены в таблицах 4, 5 и 6.

Таблица 4 – Зависимость выходных параметров с 1 реактора от температуры входа на полку

Входная температура, °С	205	215	225
Расход CH ₃ OH, кг/ч	56549	53796	50539

Расход H ₂ O, кг/ч	11520	11166	10985
Выходная температура из рекатора, °С	237	239	241
Содержание СО, % об.	0,233	0,294	0,352
Содержание СО ₂ , % об.	0,590	0,694	0,795

Таблица 5 — Зависимость выходных параметров от температуры байпасного потока

Температура байпасного потока, °С	38	48	58
Расход СН ₃ ОН, кг/ч	58041	56587	55170
Расход H ₂ O, кг/ч	12368	11912	11295
Выходная температура с реактора, °С	232	235	238
Содержание СО, % об.	0,161	0,201	0,268
Содержание СО ₂ , % об.	0,477	0,549	0,648

Таблица 6 — Зависимость выходных параметров от давления в реакторе

Давление, МПа	4	5	6	7	8	9	10
Расход СН ₃ ОН, кг/ч	53979	55058	55424	55458	54062	51716	49003
Расход H ₂ O, кг/ч	10068	10532	10868	11323	11754	12348	13039
Выходная температура, °С	234	235	237	238	239	240	240
Содержание СО, % об.	0,351	0,309	0,288	0,260	0,250	0,240	0,223

Содержание CO ₂ , % об.	0,783	0,715	0,675	0,638	0,639	0,240	0,674
---------------------------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Из таблиц 4 и 5 видно, что повышение входной температуры и температуры байпасного потока приводит к увеличению равновесных концентраций моно- и диоксида углерода, что говорит о снижении степени конверсии углерода в метанол, соответственно расход метанола с реактора снижается. Причиной этому является то, что т.к. основная реакция экзотермическая, более высокое равновесное содержание метанола достигается при низких температурах.

Как видно из таблицы 4 с увеличением входной температуры на 10 °С расход метанола с одного реактора уменьшается примерно на 3000 кг/ч. А при увеличении температуры байпасного потока на 10 °С расход метанола уменьшается примерно на 1500 кг/ч.

Однако входная температура и температура байпасного потока не могут быть слишком низкими и должны соответствовать технологическому режиму, при котором работает предприятие, т.к. при уменьшении температуры в реакторе метанол переходит в жидкую фазу и скорость процесса низко снижается.

Проанализировав результаты, представленные в таблице 6, можно сделать вывод о том, что наибольший выход метанола из реактора наблюдается при давлении в 7 МПа, которое соответствует оптимальному режиму работы реактора на установке М-750. Любые отклонения от этого режима, в частности изменение давления приводят к уменьшению выхода метанола.

3.2 Исследование выходных данных процесса при изменении соотношения расходов на полки реактора

В настоящее время установка М-750 обеспечивает производительность в 880 тыс. т. метанола в год с двух реакторов. Для исследования вариантов

увеличения производительности установки было выбрано несколько режимов распределения потоков в реакторе. Выбор данных режимов обусловлен наибольшей производительностью реактора. Режимы распределения потоков по полкам реактора представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Режимы распределения потоков в реакторе

Наименование	% от всего расхода сырья			
	1 режим	2 режим	3 режим	4 режим
1 полка	55	45	45	45
2 полка	15	25	15	15
3 полка	15	15	25	15
4 полка	15	15	15	25

Результаты представлены в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 — Зависимость выходных параметров при расходе сырья в 1 млн. нм³/ч

Приоритет	1 полка	2 полка	3 полка	4 полка
Расход CH ₃ OH, кг/ч	55778	59556	59399	59161
Расход H ₂ O, кг/ч	10537	11973	11927	11804
Расход из реактора, нм ³ /ч	868909	857858	858255	858948
Выходная температура, °С	247	238	238	237
Содержание СО, % об.	0,457	0,273	0,276	0,279
Содержание СО ₂ , % об.	0,836	0,650	0,659	0,676

Таблица 9 — Зависимость выходных параметров при расходе сырья в 1,5 млн. нм³/ч

Приоритет	1 полка	2 полка	3 полка	4 полка
Расход CH ₃ OH, кг/ч	80845	86653	86254	85981
Расход H ₂ O, кг/ч	14303	16054	15920	15737
Расход с реактора, нм ³ /ч	1312568	1297035	1298096	1298950
Выходная температура, °C	241	234	234	233
Содержание CO, % об.	0,521	0,343	0,351	0,352
Содержание CO ₂ , % об.	0,965	0,804	0,817	0,833

Как видно из таблиц 8 и 9 при увеличенном расходе сырья на 1 полку уменьшается расход метанола. Это происходит за счет того, что уменьшается время контакта на полке и, следовательно, концентрация метанола в смеси. Самым оптимальным оказался 2 режим, при котором увеличенный расход идет на 2 полку.

3.3 Прогноз изменения активности катализатора в течении 6 лет

В ходе данного исследования была прогнозирована активность катализатора в течении 6 лет, т.к. средний срок службы катализатора составляет 6-8 лет. Исследования проводили при мощности установки в 880 тыс. тонн и 1500 тыс. тонн метанола в год. Результаты представлены на рисунках 10 и 11.

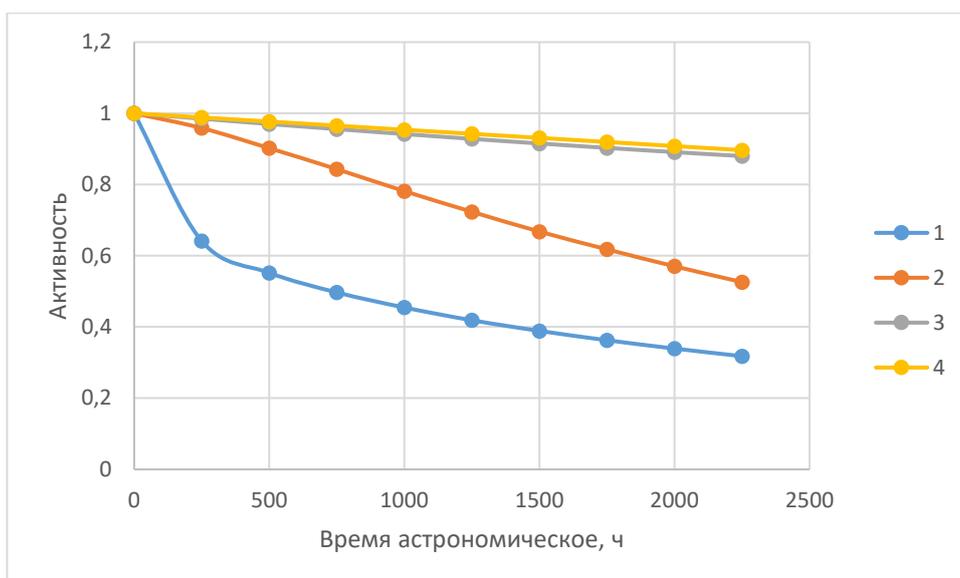


Рисунок 10 – Зависимость активностей катализатора на полках от времени работы реактора при мощности установки в 880 тыс. т/г.

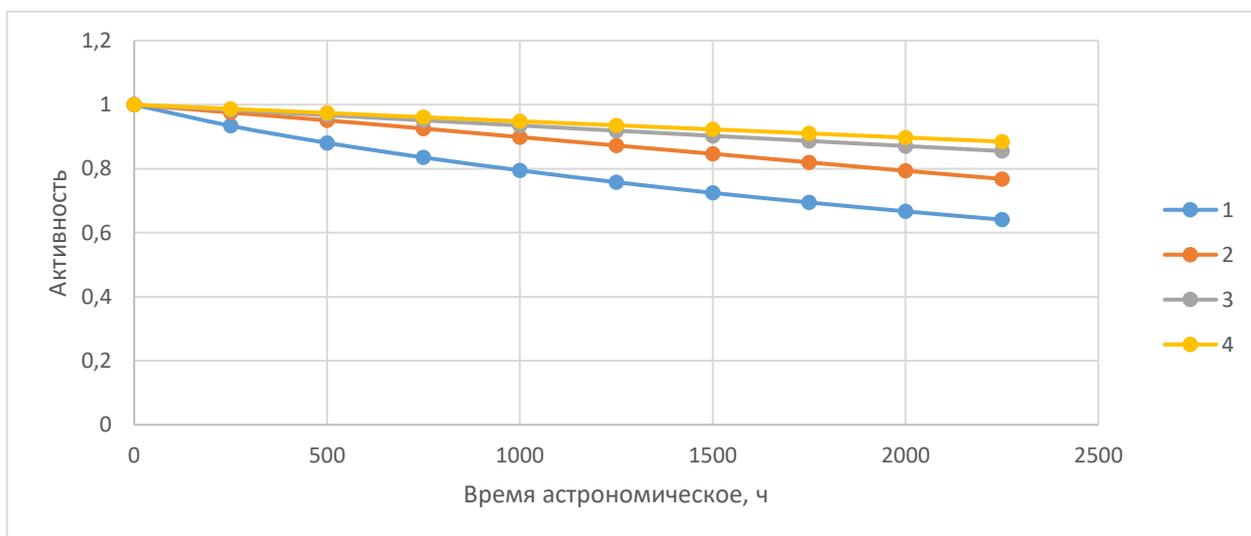


Рисунок 11 – Зависимость активностей катализатора на полках от времени работы реактора при мощности установки в 1500 тыс. т/г.

Из рисунков 10 и 11 видно, что на первой полке, катализатор после 2250 суток работы имеет большую активность при мощности установки в 1500 тыс. т/г, чем при мощности в 880 тыс. т/г. Это объясняется тем, что при большем расходе (при одинаковом сечении реактора) время контакта становится меньше, а значит и ниже скорость образования метанола, и перепад температур, и скорость дезактивации тоже низкая. Для остальных полок активность катализатора при различных расходах практически не меняется, что является особенностью программы.

На рисунке 12 представлен график прогноза перепада температур по полкам реактора в течении 6 лет.

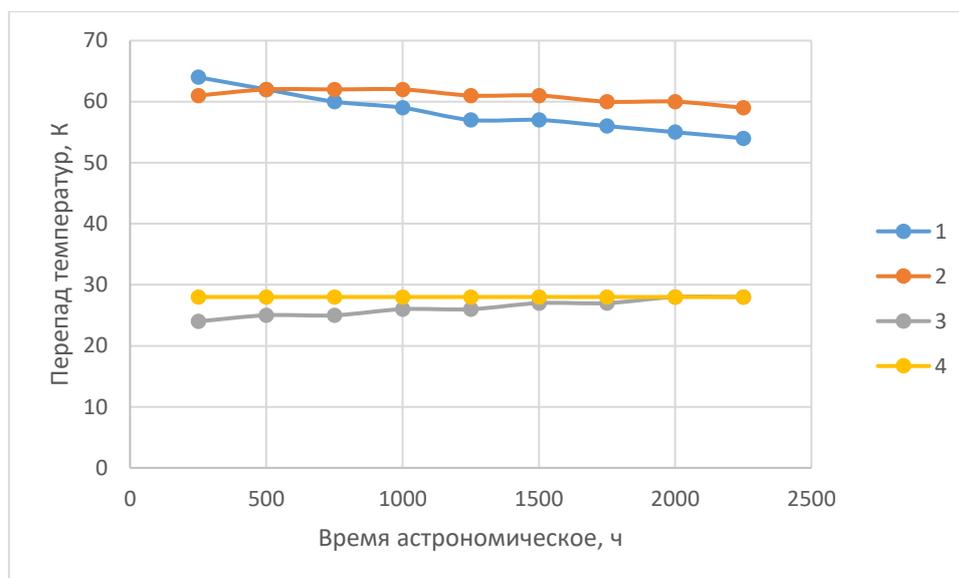


Рисунок 12 – Перепад температур по полкам реактора

Исходя из рисунка, мы можем понять, что через 500 часов после работы реактора перепад температур на 2 полке становится больше, чем на 1 полке, что свидетельствует о том, что основные реакции синтеза плавно перетекли на 2 полку. Также с течением времени кривая, характеризующая перепад температур на 3 полке возрастает, что говорит о переходе большей части реакций синтеза на эту полку.

3.4 Исследование зависимости расхода метанола от расхода сырья

Далее мы исследовали зависимость расхода метанола от расхода сырья в реактор при увеличении его в несколько раз. Это нужно для того, чтобы понять, насколько эффективно протекает синтез, т.е. пропорционально ли вместе с увеличением расхода сырья увеличивается и выход метанола из реактора. Результаты представлены на рисунке 13.

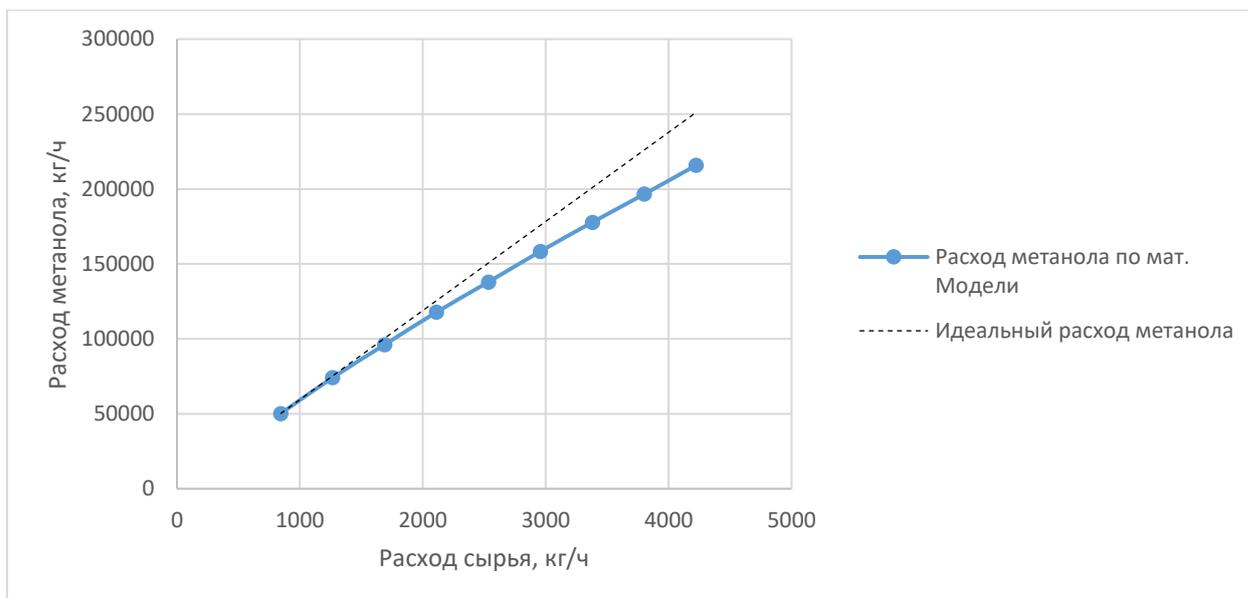


Рисунок 13 – Зависимость расхода метанола от расхода сырья

Из рисунка 13 видно, что при увеличении расхода сырья в реактор, расход метанола увеличивается не пропорционально. Это связано с тем, что время контакта при большем расходе уменьшается и, следовательно, уменьшается количество образовавшегося в результате реакции метанола. И очевидно, что при дальнейшем прогнозировании можно узнать такой расход сырья, при котором расход метанола заметно не увеличивается.

3.5 Моделирование технологической схемы компрессии конвертированного газа установки М – 750 в программе UniSim Design

В данном разделе была смоделирована технологическая схема компрессии конвертированного газа (рисунок 14). Это необходимо, чтобы определить мощности компрессоров для обеспечения работы технологической схемы в нужном режиме при варьировании расхода синтез-газа в реактор.

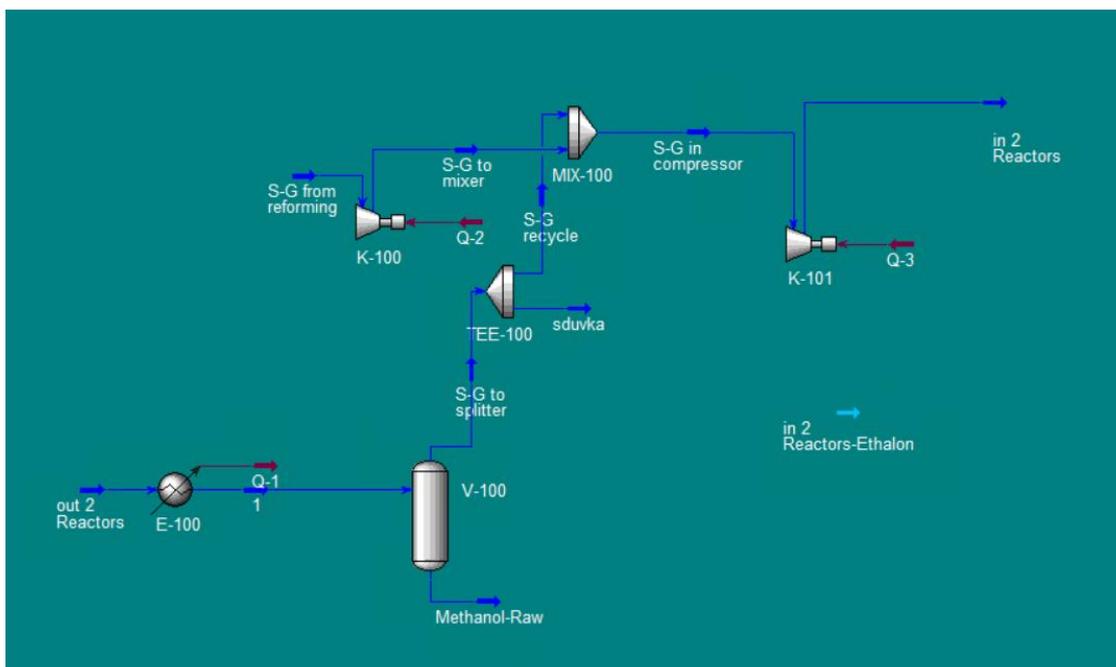


Рисунок 14 – Принципиальная технологическая схема компрессии конвертированного газа

Подобие данной технологической схемы, смоделированной в программе UniSim Design заключается в том, что соблюдается ряд показателей технологической схемой компрессии конвертированного газа установки М – 750 таких как: технологические режимы работы воздушных холодильников и компрессоров; расходы продувочного газа и синтез-газа на компримирование.

В данной схеме есть поток синтез-газа (до клапана К-100), качественный и количественный состав которого был взят из расчета технологической схемы синтеза метанола при расходе синтез-газа в 2200 тыс. $\text{нм}^3/\text{час}$ на 2 реактора.

Таким образом, технологическая схема компрессии конвертированного газа (рисунок 14) является частью циркуляционной технологии установки М – 750 (рисунок 6), но без кинетических расчетов в реакторном блоке, т.к. кинетические расчеты проводились на математической модели синтеза метанола.

Для обеспечения требуемого повышения давления от 1,9 до 7,1 МПа в технологической схеме компрессии конвертированного газа предусмотрены 2 компрессора К-100 и К-101. Количество энергии, требуемое для работы компрессоров в нужном режиме, представлены в таблице 10.

Таблица 10 – Технологические параметры компрессоров

Компрессоры	Расход энергии, кВт					
	Расход сырья на 2 реактора, тыс. нм ³ /час	2200	3300	4400	5500	6600
К-100 P=1,9÷6,9 МПа		19220	27780	36810	45800	53720
К-101 P=6,9÷7,1 МПа		2488	3724	4959	6204	7422

Исходя из таблицы 10, можно сказать, что при увеличении расхода сырья на 2 реактора в 1,5; 2 и 3 раза мощность, требуемая для работы компрессоров в нужном режиме с целью повышения давления от 1,9 до 7,1 МПа, увеличивается не пропорционально увеличению расхода сырья, а именно в 1,44; 1,91 и 2,79 раза соответственно. Это говорит о том, что при увеличении расхода метанола, мощность, требуемая для работы циркуляции и синтеза на единицу продукции, будет уменьшаться.

4 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

В данном разделе рассматривается конкурентоспособность предложенных разработок, их ресурсоэффективность и учитывается ресурсосбережение.

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

4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование [11].

Целевой рынок – сегмент рынка, на котором в будущем будет разработана. Иначе, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

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

Критерием сегментирования может служить вид оказываемых услуг по улучшению процесса синтеза метанола.

1. Увеличение выхода целевого продукта.
2. Оказание услуг в области улучшения качества готового продукта.

Лидирующие позиции в настоящее время занимают разработки компаний – ОАО «ВНИПИнефть», Johnson Matthey и Toyo Engineering. Каждая из представленных выше компаний давно находится на рынке и зарекомендовала себя как надежный проектировщик и исполнитель своих работ, что подтверждается реализованными проектами предприятий в условиях крайнего севера или действующими установками синтеза метилового спирта, размещенных на морских судах.

Сегментирование приведено в таблице 11.

Таблица 11 – Карта сегментирования рынка услуг

Потребитель:		Заводы синтеза метанола		
		Мелкие	Средние	Крупные
Вид услуги	Разработка компании ОАО «ВНИПИнефть»			
	Разработка компании Johnson Matthey			
	Разработка компании Toyo Engineering			

Разработанная технологическая схема синтеза метанола, была создана на основе действующего реакторного блока «М – 750», что ограничивает использование разработки на реакторах другого типа.

Как видно из таблицы 1 целевой рынок разработки достаточно широк, и наиболее перспективным сегментом являются средние заводы синтеза метанола.

4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять конкурентам. Важно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

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

Сравним эффективность разработки с существующими на рынке для оценки сильных и слабых сторон с помощью оценочной карты (таблица 12). Сравниваем разрабатываемую технологическую схему (индекс «в») с разработкой компании ОАО «ВНИПИнефть» (индекс «к1») и разработкой компании Toyo Engineering (индекс «к2»).

Таблица 12 – Оценочная карта для сравнения конкурентных технических разработок

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии ресурсоэффективности							
Повышение производительности	0,20	4	3	3	0,80	0,60	0,60
Энергоэкономичность	0,10	4	3	3	0,40	0,30	0,30
Надежность	0,10	4	4	4	0,40	0,40	0,40
Безопасность	0,10	5	5	5	0,50	0,50	0,50
Функциональная мощность	0,09	3	4	4	0,27	0,36	0,36
Простота эксплуатации	0,06	5	4	3	0,30	0,24	0,18
Экономические критерии оценки эффективности							
Конкурентоспособность продукта	0,10	3	4	4	0,30	0,40	0,40
Уровень проникновения на рынок	0,05	3	5	4	0,15	0,25	0,20
Цена	0,10	3	2	2	0,30	0,20	0,20
Предполагаемый срок эксплуатации	0,10	5	4	4	0,50	0,40	0,40
Итого	1	39	38	36	3,92	3,65	3,54

Из данных вышеприведенной таблицы можно заключить, что разрабатываемая технологическая схема обеспечивает больший прирост производительности и обладает лучшей простотой эксплуатации чем у конкурентов. Однако продукт конкурента обладает большей функциональной мощностью. Также у конкурента более высокий уровень проникновения на рынок. Однако преимуществом собственной разработки можно считать низкую цену и более высокий предполагаемый срок эксплуатации.

К основным недостаткам разработанной технологической схемы можно отнести ее ограниченную применимость только для реакторов полочного типа.

4.1.3 SWOT-анализ

В таблице 13 представлена матрица SWOT – анализа.

Таблица 13 – Матрица SWOT – анализа

	<p>Сильные стороны (С): С1. Высокий выход целевого продукта (метанола). С2. Простота конструкции вспомогательного оборудования. С3. Уменьшение затрат путем использования рекуперации тепла в теплообменном оборудовании.</p>	<p>Сильные стороны (С): С1. Высокий выход целевого продукта (метанола). С2. Простота конструкции вспомогательного оборудования. С3. Уменьшение затрат путем использования рекуперации тепла в теплообменном оборудовании.</p>
<p>Возможности (В): В1. Внедрение разработанной схемы на предприятия для оптимизации процесса производства метанола. В2. Усовершенствование разработанной схемы процесса с учетом индивидуальных особенностей производства</p>	<p>1.Повышение эффективности использования сырья и ресурсов на предприятии. 2.Совершенствование разработанной схемы, исходя из возможностей и целей производства, на котором будет реализован проект.</p>	<p>1.Специальные программы по обучению сотрудников и повышению их квалификации 2. Замена существующего оборудования на современные аналоги. 3.Поддержка местной власти по финансированию проектов.</p>
<p>Угрозы (У): У1. Появление более эффективных типов реакторов. У2. Падение спроса на продукцию.</p>	<p>1.Уменьшить постоянные издержки производства. 2.Торговля напрямую с потребителем, а не через посредников. 3.Перевооружение производственных мощностей.</p>	<p>1.Привлечение молодых специалистов. 2.Привлечение зарубежных инвестиций. 3.Изучение и проработка всех возможных кризисных ситуаций.</p>

Согласно таблице 13 построена интерактивная матрица разработки проекта, приведенная в таблице 14.

Таблица 14 – Интерактивная матрица проекта

с				
Возможности проекта		С1	С2	С3
	В1	+	+	+
	В2	+	+	+
Сильные стороны проекта				
Угрозы проекта		С1	С2	С3
	У1	+	-	-
	У2	+	-	+
Слабые стороны проекта				
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	В1	+	+	+
	В2	+	+	+
Слабые стороны проекта				
Угрозы проекта		Сл1	Сл2	Сл3
	У1	0	+	+
	У2	-	+	+

В рамках третьего этапа SWOT-анализа была составлена итоговая матрица SWOT-анализа, представленная в таблице 15.

На основе SWOT-анализа были показаны проблемы, стоящие перед разработкой.

Для проекта характерен баланс сильных и слабых сторон, а также возможностей и угроз, т. е. разработка находится в достаточно стабильных условиях.

Таблица 15 – Итоговая матрица SWOT – анализа

	<p>Сильные стороны (С): С1. Высокий выход целевого продукта (метанола). С2. Простота конструкции вспомогательного оборудования. С3. Уменьшение затрат путем использования рекуперации тепла в теплообменном оборудовании.</p>	<p>Слабые стороны (Сл): Сл1. Увеличение выхода побочного продукта (воды) Сл2. Расходы на приобретение и монтаж нового оборудования Сл3. Усложнение существующей технологической схемы.</p>
<p>Возможности (В): В1. Внедрение разработанной схемы на предприятия для оптимизации процесса производства метанола. В2. Усовершенствование разработанной схемы процесса с учетом индивидуальных особенностей производства</p>	<p>1. Повышение эффективности использования сырья и ресурсов на предприятии. (В1С1С2С3) 2. Совершенствование разработанной схемы, исходя из возможностей и целей производства, на котором будет реализован проект. (В2С1С2С3)</p>	<p>1. Специальные программы по обучению сотрудников и повышению их квалификации. (В1Сл2Сл3) 2. Замена существующего оборудования на современные аналоги. (В1Сл1Сл2Сл3) 3. Поддержка местной власти по финансированию проектов. (В2Сл2Сл3)</p>
<p>Угрозы (У): У1. Появление более эффективных типов реакторов. У2. Падение спроса на продукцию.</p>	<p>1. Уменьшить постоянные издержки производства. (У1С1) 2. Торговля напрямую с потребителем, а не через посредников. (У1С1) 3. Перевооружение производственных мощностей. (У2С1С3)</p>	<p>1. Привлечение иностранных специалистов. (У1Сл2Сл3) 2. Привлечение зарубежных инвестиций. (У2Сл2Сл3) 3. Изучение и проработка всех возможных кризисных ситуаций. (У2Сл2Сл3)</p>

Таким образом, матрица SWOT-анализа с использованием интерактивных матриц корреляции помогла оценить сильные и слабые стороны проекта и выделить направления повышения конкурентоспособности проекта. Основные направления: привлечение иностранных специалистов, перевооружение производственных мощностей, специальные программы по обучению сотрудников и повышению их квалификации.

4.2 Определение возможных альтернатив при проведении исследований

Морфологический подход основан на систематическом исследовании всех теоретически возможных вариантов, вытекающих из закономерностей строения (морфологии) объекта исследования. Синтез охватывает как известные, так и новые, необычные варианты, которые при простом переборе могли быть упущены. Путем комбинирования вариантов получают большое количество различных решений, ряд которых представляет практический интерес. В рамках этого этапа составляется морфологическая матрица. Морфологическая матрица для моделирования установки синтеза метанола представлена в таблице 16.

Таблица 16 – Морфологическая матрица для моделирования синтеза метанола

	Текущий проект	Исполнение 2	Исполнение 3
А. Специальное оборудование	Персональный компьютер	Персональный компьютер	Персональный компьютер
Б. Программа для моделирования	Methanol TPU	Honeywell UniSim Design 460	Aspen HYSYS
В. Удобство использования	Отличное	Хорошее	Удовлетворительное

Согласно данной таблице можно выделить несколько альтернатив проведения научного исследования, в основе которых лежит использование различных программ для моделирования синтеза. Наиболее рациональным и удобным вариантом исследования является текущий.

4.3 Планирование проекта

4.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;

- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб.	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	Инженер
	3	Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Инженер
	4	Календарное планирование работ по теме	Руководитель, Инженер
Теоретическое обоснование и проведение экспериментальных исследований	5	Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Инженер
	6	Проведение экспериментальных расчетов	Инженер
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Инженер
Обобщение полученных результатов, выводы по проделанной работе	8	Оценка эффективности проведенных исследований	Руководитель
	9	Обсуждение результатов	Инженер, Руководитель
Разработка технической	10	Разработка модели и ее компьютерная реализация	Инженер

документации и проектирование	11	Сбор информации по охране труда	Инженер
	12	Подбор данных для выполнения экономической части работы	Инженер
Оформление отчета по ВКР	13	Составление пояснительной записки	Руководитель, Инженер
	14	Защита ВКР	Руководитель, Инженер

4.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления сметы. Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{ож\ i} = \frac{3t_{\min\ i} + 2t_{\max\ i}}{5} \quad (8)$$

где $t_{ож\ i}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\min\ i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\max\ i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{P_i} :

$$T_{P_i} = \frac{t_{ож\ i}}{Ч_i} \quad (9)$$

где T_{P_i} – продолжительность одной работы, рабочие дни;

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

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki} = T_{Pi} \cdot k_{\text{кал}} \quad (10)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;
 $k_{\text{кал}}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}} = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22 \quad (11)$$

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

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

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

Расчеты временных показателей проведения НИ обобщены в таблице 18.

Таблица 18 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность в рабочих днях T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни		t_{max} , чел-дни		$t_{\text{ож}}$, чел-дни			
	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер	Руководитель	Инженер		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Составление и утверждение технического задания	2	-	4	-	2,8	-	2,8	4
2. Выбор направления исследований	-	2	-	4	-	2,4	2,8	4
3. Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	-	12	-	14	-	12,8	12,8	16

4. Календарное планирование работ по теме	2		4		2,8		1,4			2	
5. Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	-	18	-	21	-	19,2	19,2			24	
6. Проведение экспериментальных расчетов	-	15	-	18	-	16,2	16,2			20	
7. Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	-	2	-	4	-	2,8	2,8			4	
8. Оценка эффективности проведенных исследований	2	-	4	-	2,8	-	2,8			4	
9. Обсуждение результатов	5		7		5,8		2,9			4	
10. Разработка модели и ее компьютерная реализация	-	15	-	18	-	16,2	16,2			20	
11. Сбор информации по охране труда	-	9	-	12	-	10,2	10,2			13	
12. Подбор данных для выполнения экономической части работы	-	9	-	12	-	10,2	10,2			13	
13. Составление пояснительной записки	10		13		11,2		5,6			7	
14. Защита ВКР	1		1		1		0,5			1	
Итого:							106,4			136	

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 19).

Таблица 19– Диаграмма Ганта

Содержание работ	Исп.	Т _{кi} , кал. дн.	Продолжительность выполнения работ														
			Февраль			Март			Апрель			Май			Июнь		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	
1. Составление и утверждение	Исп1	4															

технического задания																			
2. Выбор направления исследований	Исп2	4	█																
3. Обзор современных методов исследований по выбранному направлению	Исп2	16	█	█	█														
4. Календарное планирование работ по теме	Исп1 Исп2	2			█														
5. Теоретическое обоснование и выбор экспериментальных методов исследований	Исп2	24			█	█	█												
6. Проведение экспериментальных расчетов	Исп2	20					█	█	█										
7. Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Исп2	4							█										
8. Оценка эффективности проведенных исследований	Исп1	4								█									
9. Обсуждение результатов	Исп1 Исп2	4								█	█								
10. Разработка модели и ее компьютерная реализация	Исп2	20									█	█	█						
11. Сбор информации по охране труда	Исп2	13												█	█				
12. Подбор данных для выполнения экономической части работы	Исп2	13														█	█		
13. Составление пояснительной записки	Исп1 Исп2	7																█	█

Чернила для принтера	мл.	1,1	100	130	130	132	172	172
Тетрадь	шт.	75	3	3	3	270	270	270
Ручка	шт.	35	4	4	4	168	168	168
Карандаш	шт.	20	2	2	2	48	48	48
Итого:						798	961	925

4.4.2 Расчет затрат на специальное оборудование

Для выполнения исследовательского проекта требуется приобрести персональный компьютер, ПО Microsoft Office 365 для создания документов, лицензионные версии программ для моделирования (Methanol TPU, Honeywell UniSim Design 460, Aspen HYSYS), также требуется получить экспериментальные данные с предприятия, запросив их на существующем производстве метилового спирта.

Все расчеты по приобретению спецоборудования в различных исполнениях, включая 15% на затраты по доставке и монтажу, отображены в таблице 21.

Таблица 21 – Расчет бюджета затрат на приобретение спецоборудования

Наименование оборудования	Количество единиц оборудования	Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Общая стоимость оборудования, тыс. руб.		
		ТП	Исп.2	Исп.3	ТП	Исп.2	Исп.3
Лицензии программ	1	0	10	20	0	10	20
Персональный компьютер	1	60	60	60	60	60	60
ПО MicrosoftOffice	1	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
Итого:					62,5	72,5	82,5

В таблице 22 приведен расчет амортизационных отчислений.

При расчете амортизации принимаем средневзвешенную норму амортизации равной 25%.

Таблица 22– Расчет амортизационных отчислений

Наименование оборудования	Кол-во	Срок службы*, дней	Цена единицы оборудования, тыс. руб.			Амортизация оборудования, тыс.руб		
			ТП	Исп.2	Исп.3	ТП	Исп.2	Исп.3
Лицензии программ	1	136	0	10	20	0	0,93	1,86
Персональный компьютер	1	136	60			5,59	5,59	5,59
ПО MicrosoftOffice	1	136	2,5			0,23	0,23	0,23
Итого:						5,82	6,75	7,68

Срок службы принимаем равным учебному периоду, выделенному на выполнение работы – 4,5 месяца (136 дней).

4.4.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $Z_{\text{осн}}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p \quad (13)$$

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

T_p – продолжительность работ, раб.дн.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} \quad (14)$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

Таблица 23 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней - выходные дни	52/14	104/14

- праздничные дни		
Потери рабочего времени - отпуск - невыходы по болезни	48/5	24/10
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Месячный должностной оклад работника рассчитывается по формуле:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p \quad (15)$$

– для руководителя:

$$Z_m = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.}$$

– для инженера:

$$Z_m = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}$$

где $Z_{тс}$ – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$ – премиальный коэффициент, равный 0,3;

k_d – коэффициент доплат и надбавок, равный 0,2;

k_p – районный коэффициент, равный 1,3.

Среднедневная заработная плата:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}$$

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}$$

где Z_m – месячный должностной оклад работника, руб.;

M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

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

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

Таблица 24 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители	$Z_{тс}$, руб	$k_{пр}$	k_d	k_p	Z_m , руб	$Z_{дн}$, руб	T_p , раб.дн.	$Z_{осн}$, руб
НИ								

Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	13,5	28988,6
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	68,5	119402,4
Итого:								148391

4.4.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

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

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot Z_{\text{осн}} \quad (16)$$

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

Расчет дополнительной заработной платы:

$$Z_{\text{доп.,рук.}} = 0,15 \cdot 28988,6 = 4348,3 \text{ руб.}$$

$$Z_{\text{доп.,инж.}} = 0,15 \cdot 119402,4 = 17910,4 \text{ руб.}$$

4.4.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}) \quad (17)$$

где $k_{\text{внеб}}$ – коэффициент отчислений во внебюджетные фонды. Для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность ставка – 27.1%.

В таблице 25 приведены отчисления во внебюджетные фонды.

Таблица 25 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб	Дополнительная заработная плата, руб.	Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	Размер отчислений, руб.
Научный руководитель	28988,6	4348,3	0,271	9034,3

Инженер	119402,4	17910,4		37211,77
Итого:				46246,07

4.4.6 Накладные расходы

К накладным расходам относятся прочие затраты, неучтенные в других статьях: электроэнергия, ксерокопирование, оплата связи и др.:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{\text{пр}} \quad (18)$$

где $k_{\text{пр}}$ – доля накладных расходов, примем 16 %.

$$\begin{aligned} Z_{\text{накл}} &= (798 + 62500 + 5820 + 148391 + 22258,7 + 46246,07) \cdot 0,16 \\ &= 45762,2 \text{ руб.} \end{aligned}$$

Аналогично был произведен расчет накладных расходов для исполнений 2 и 3.

4.4.7 Формирование бюджета исследовательского проекта

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

Используя приведенные выше значения, можно перейти к определению бюджета затрат на научно – исследовательский проект в целом.

Таблица 26 – Расчет бюджета затрат исследовательской работы

Наименование	Сумма, руб.		
	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
Материальные затраты	798	961	925
Затраты на спец. оборудование	62500	72500	82500
Амортизационные отчисления	5820	6750	7680
Основная з/п исполнителей	148391	148391	148391
Дополнительная з/п исполнителей	22258,7	22258,7	22258,7

Отчисления во внебюджетные фонды	46246,07	46246,07	46246,07
Накладные расходы	45762,2	47537,08	49280,12
Бюджет затрат	331775,97	344643,85	357280,89

Согласно расчетам, бюджет затрат работы составляет 331775,97 рублей.

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

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат трех вариантов исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

Интегральный финансовый показатель разработки:

$$I_{\Phi}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}} \quad (19)$$

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

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения проекта.

$$I_{\Phi}^{\text{тек.проект}} = \frac{331775,97}{357280,89} = 0,929;$$

$$I_{\Phi}^{\text{исп.2}} = \frac{344643,85}{357280,89} = 0,965;$$

$$I_{\Phi}^{\text{исп.3}} = \frac{357280,89}{357280,89} = 1.$$

В результате расчета финансовых показателей по трем вариантам разработки, вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан более приемлемым, с точки зрения финансовой эффективности.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 27).

Таблица 27 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Вес параметра	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1. Безопасность при использовании установки	0,25	5	5	4
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	5
3. Надёжность	0,2	4	4	4
4. Воспроизводимость	0,25	4	4	4
5. Материалоёмкость	0,15	5	4	4
Итого:	1	4,55	4,25	4,15

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя.

Вычисление интегрального показателя производят по формуле:

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{I_{p-\text{исп.}i}}{I_{\text{ф.}i}} \quad (20)$$

$$I_{\text{исп.}i} = \frac{4,55}{0,929} = 4,90, I_{\text{исп.}i} = \frac{4,25}{0,965} = 4,40, I_{\text{исп.}i} = \frac{4,15}{1} = 4,15.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 28).

Таблица 28 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,929	0,965	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,55	4,25	4,15
3	Интегральный показатель эффективности	4,90	4,40	4,15
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1	0,90	0,85

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволяет сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). По сравнению с конкурентами, наш проект является более эффективным.

Вывод:

В данном разделе был выполнен анализ сильных и слабых сторон разработанной технологической схемы процесса синтеза метанола для реакторного блока «М – 750», выявление возможностей и опасностей для реализации на существующем предприятии, оценили конкурентоспособность разработки в сравнении с уже существующими разработками.

На основании приведенной в разделе информации можно сделать вывод о том, что была создана конкурентоспособная разработка, а именно исполнение 1. Данный вариант удовлетворяет необходимым современным критериям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения для успешной реализации проекта.

5 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Объектом исследования данной работы является действующая установка М – 750 по производству метанола, расположенная в городе Томске. Данная установка состоит из трех основных блоков. Первый блок, блок паровой конверсии метана, второй блок, реакторный блок и третий блок, блок ректификации целевого продукта – метилового спирта.

Одним из важных пунктов в процессе трудовой деятельности, является обеспечение безопасности жизни и здоровья работников [14].

Дипломная работа выполнялась в аудитории 133, расположенной на первом этаже учебного корпуса номер 2 Томского политехнического университета. В аудитории находится 12 компьютеров. Экспериментальная часть бакалаврской работы осуществлялась на персональном компьютере. Рабочая зона представляет собой аудиторию, оборудованную системами отопления и кондиционирования воздуха. Освещение рабочего места комбинированное – сочетание естественного света из окон и искусственного.

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

В Статье 37 Конституции РФ [15] изложены требования безопасности, обеспечивающие охрану здоровья и условий труда на предприятии. На основании Конституции РФ базируется ряд законов и нормативных актов, уточняющих и расширяющих понятие охраны и защиты труда. 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 соблюдения требований охраны труда на предприятии существует ряд служб, в качестве которых выступают федеральные органы и органы исполнительной власти субъектов РФ.

При выполнении бакалаврской работы наиболее важными являются разделы, посвященные рабочему месту. Работник должен быть проинформирован об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от

воздействия вредных или опасных производственных факторов. В соответствии с [16], рабочее место должно соответствовать требованиям охраны труда и быть защищенным от влияния вредных и (или) опасных производственных факторов, и ее организация должна соответствовать правовым нормам, а также антропометрическим, социальным, психофизическим данным работника.

Разработка комплекса мер, направленных на модернизацию производства в целях улучшения условий труда позволит в значительной мере улучшить условия труда работающих. При разработке данных мер, крайне важно учитывать не только отечественные разработки и результаты, но и международный опыт, что позволит осуществить совершенствование нормативной правовой базы Российской Федерации в соответствии с международными нормами.

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

Согласно ТК РФ от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 01.04.2019) работник имеет право на:

- предоставление ему работы, обусловленной трудовым договором;
- рабочее место, соответствующее государственным нормативным требованиям охраны труда и условиям, предусмотренным коллективным договором;
- своевременную и в полном объеме выплату заработной платы в соответствии со своей квалификацией, сложностью труда, количеством и качеством выполненной работы;
- отдых, обеспечиваемый установлением нормальной продолжительности рабочего времени, сокращенного рабочего времени для отдельных профессий и категорий работников, предоставлением еженедельных выходных дней, нерабочих праздничных дней, оплачиваемых ежегодных отпусков;

- полную достоверную информацию об условиях труда и требованиях охраны труда на рабочем месте, включая реализацию прав, предоставленных законодательством о специальной оценке условий труда;
- подготовку и дополнительное профессиональное образование в порядке, установленном настоящим Кодексом, иными федеральными законами;
- защиту своих трудовых прав, свобод и законных интересов всеми не запрещенными законом способами;
- возмещение вреда, причиненного ему в связи с исполнением трудовых обязанностей, и компенсацию морального вреда в порядке, установленном настоящим Кодексом, иными федеральными законами;
- обязательное социальное страхование в случаях, предусмотренных федеральными законами.

5.1.1 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Экспериментальная часть данной работы осуществлялась на персональном компьютере (далее ПК) при работе с различными программными обеспечениями на Отделении химической инженерии. Рабочая зона представляет собой аудиторию, оборудованную системами отопления, кондиционирования воздуха. Рабочее место в аудитории представляет собой стол, с находящимся на нем монитором и системным блоком ЭВМ, и офисный стул, соответствует требованиям СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Согласно которым помещение в целом и рабочее место должны быть освещены достаточно и равномерно. При оборудовании рабочей зоны необходимо также учесть, что яркий солнечный свет порождает блики на мониторе, следовательно, существует потребность в установке жалюзи.

Так как трудовая деятельность в данном случае непосредственно связана с работой на ЭВМ, необходимо соблюдать меры безопасности, направленные на сохранение полноценного зрения сотрудника:

- экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600 – 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов;

- уровень глаз при вертикально расположенном экране должен приходиться на центр или 2/3 высоты экрана. Линия взора должна быть перпендикулярна центру экрана и оптимальное её отклонение от перпендикуляра, проходящего через центр экрана в вертикальной плоскости, не должно превышать 5 градусов, допустимое 10 градусов.

Для того, чтобы минимизировать последствия «сидячей» работы, необходимо оборудовать рабочее место подставкой для ног, имеющей ширину не менее 300 мм, глубину не менее 400 мм, регулировку по высоте в пределах до 150 мм и по углу наклона опорной поверхности подставки до 20 градусов.

5.2 Производственная безопасность

Выполнение экспериментальной части данной работы использование электронной вычислительной машины (ЭВМ). С точки зрения социальной ответственности целесообразно рассмотреть вредные и опасные факторы, которые могут возникать при выполнении данной работы.

5.2.1 Анализ потенциально возможных и опасных факторов, которые могут возникнуть на рабочем месте при проведении исследований

Для выбора факторов использовался ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация». Перечень опасных и вредных факторов, характерных для проектируемой производственной среды представлен в виде таблицы 29.

Таблица 29 – Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке

Факторы	Этапы работ	Нормативные документы
---------	-------------	-----------------------

(ГОСТ 12.3.003-2015)	Разработка	Изготовлен ие	Эксплуатац ия	
Неудовлетворительный микроклимат	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548-96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
Превышение уровня шума	+	+	+	ГОСТ 12.4.011-89 (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация
Недостаток освещенность рабочей зоны	+	+	+	СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение
Электрический ток	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 Электрическая безопасность. Защитное заземление, зануление.
Нервнопсихические перегрузки	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронновычислительным машинам и организации работы
Перегрузка зрительного аппарата	+	+	+	СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронновычислительным машинам и организации работы

Выбор данных вредных и опасных производственных факторы производился с использованием ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [17].

5.2.2 Разработка мероприятий по снижению воздействия вредных и опасных факторов

При разработке математической модели установки синтеза метанола в аудитории 133, 2 корпуса ТПУ, основным источником потенциально вредных и опасных производственных факторов (ОВПФ) является используемая ЭВМ.

1. Неудовлетворительный микроклимат

К метеорологическим факторам, влияющим на человека, относятся температура, влажность, скорость движения воздуха, так как эти факторы при длительном воздействии на работника оказывают психологическое и физическое влияние на его состояние в процессе работы.

В производственных помещениях, в которых основная работа осуществляется с использованием персональных электронных вычислительных машин, должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата для категории работ 1а и 1б в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами микроклимата производственных помещений.

Оптимальные значения показателей микроклимата на рабочем месте для помещений данных категорий приведены в таблице 30.

Таблица 30 – Оптимальные характеристики микроклимата

Период года	Категория работ по уровню энергозатрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	1а (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	1б (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
Теплый	1а (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	1б (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1

С целью защиты сотрудника от воздействия данного вредного фактора предусмотрены системы вентиляции, кондиционирования и обогрева помещения. Также присутствуют установленные нормы проветривания рабочего места.

Условия труда аудитории 133, 2 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам.

2. Перегрузка зрительного аппарата

Работы с персональным компьютером непосредственно связаны с перегрузками зрительного аппарата, вызванными длительным сосредоточенным наблюдением и световыми нагрузками.

Для минимизации перегрузки зрительного аппарата необходимо учитывать нормы освещенности и расположение ПК.

3. Повышенный уровень шума

Рабочее место – 133 аудитория 2 корпуса ТПУ. Оборудование – персональный компьютер.

Повышенный уровень шума связан с работой агрегатов персонального компьютера. В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни шума на рабочих местах не должны превышать значений в 80 дБА, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

Для уменьшения общего уровня шума шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПЭВМ.

Согласно [18] уровень шума в аудитории 133, 2 корпуса ТПУ не более 80 дБА и соответствует нормам.

4. Недостаточная освещенность рабочей зоны

Рабочее место – 133 аудитория 2 корпуса ТПУ. В данной аудитории используется искусственное освещение. Для искусственного освещения

используются люминесцентные лампы ЛБ – белого цвета или ЛТБ – тепло – белого цвета, мощностью 20,40,60 Вт.

Данный вредный фактор возникает при неправильном комбинировании света в рабочей зоне. Как указано выше, недостаточная освещенность рабочей зоны оказывает негативное воздействие на зрительную систему.

Предусмотрены следующие нормы освещения при работе с ПК:

- Освещенность на поверхности стола в зоне размещения рабочего документа должна быть 300-500 лк. Освещение не должно создавать бликов на поверхности экрана. Освещенность поверхности экрана не должна быть более 300 лк.

- Следует ограничивать прямую блескость от источников освещения, при этом яркость светящихся поверхностей (окна, светильники и др.), находящихся в поле зрения, должна быть не более 200 кд/м².

- Следует ограничивать неравномерность распределения яркости в поле зрения пользователя ПЭВМ, при этом соотношение яркости между рабочими поверхностями не должно превышать 3:1-5:1, а между рабочими поверхностями и поверхностями стен и оборудования 10:1.

Соблюдение данных требований способствует установлению светового баланса в рабочем помещении и минимизирует его воздействие на зрительный аппарат.

Согласно [19] освещенность в аудитории 133, 2 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам

5. Электрический ток

Основными непосредственными причинами электротравматизма, являются [20]:

- оголенные части проводов или отсутствие изоляции;
- отсутствие заземления;
- замыкания;
- статическое напряжение.

От токоведущих частей электроустановок человека защищают изолирующие защитные средства. Они подразделяются на основные и дополнительные. Основными изолирующими средствами защиты 76 разрешается прикасаться к токоведущим частям электроустановок, имеющих рабочее напряжение до 1000 Вольт. В первую очередь, к таким защитным средствам относится слесарно-монтажный инструмент, снабженный изолирующими рукоятками – плоскогубцы, ножи, отвертки и т.п.

Основными техническими средствами защиты, согласно ПУЭ, являются:

1. Соблюдение соответствующих расстояний до токоведущих частей;
2. Изоляция токоведущих частей;
3. Применение блокировки аппаратов и ограждающих устройств для предотвращения ошибочных операций и доступа к токоведущим частям;
4. Использование предупреждающей сигнализации, надписей и плакатов;

Для предотвращения поражения электрическим током, где размещаются рабочее место с ЭВМ в аудитории 133, 2 корпуса ТПУ, оборудование оснащено защитным заземлением, занулением, изоляцией токоведущих проводов.

По опасности поражения электрическим током помещение 133, 2 корпуса ТПУ относится к первому классу – помещения без повышенной опасности (сухое, хорошо отапливаемое, помещение с токонепроводящими полами, с температурой $18 \div 20$ °С и влажностью $40 \div 50$ %).

Согласно ПУЭ электробезопасность в аудитории 133, 2 корпуса ТПУ соответствует допустимым нормам

5.3 Экологическая безопасность

В данном подразделе рассматривается характер воздействия проектируемого решения на окружающую среду. Выявляются

предполагаемые источники загрязнения окружающей среды, возникающие в результате реализации предлагаемых в ВКР решений.

5.3.1 Анализ влияния объекта исследования на окружающую среду

1. Выбросы в атмосферу.

В производстве метанола имеют место газовые выбросы, не поддающиеся утилизации и содержащие загрязняющие вещества, такие как окись углерода, двуокись азота, двуокись серы, метанол, аммиак. Выбросы газов в атмосферу разделяются на:

- а) постоянные и периодические выбросы газов, обусловленные ведением нормального технологического процесса;
- б) периодические выбросы газов, обусловленные нарушением технологического процесса;
- в) периодические выбросы газов в период пуска и остановки производства.

Указанные газы выбрасываются через выхлопные трубы на высоте, обеспечивающей рассеивание вредностей в приземном слое атмосферы до концентраций, не превышающих предельно-допустимых.

Все периодические сбросы газов из агрегата производства метанола М750 при пусках и выводах на нормальный режим, а также при остановках на ремонт направляются на сжигание на факел высотой 65 м, входящий в состав производства метанола, с окончательной продувкой системы азотом.

2. Выбросы в гидросферу.

Из производства метанола имеют место как постоянные, так и периодические стоки, содержащие вредные вещества. Все стоки направляются на биологическую очистку в зависимости от состава вредных веществ.

В случае аварийных остановок и остановок агрегата на ремонт для опорожнения оборудования в каждой зоне предусмотрены аварийные дренажные емкости для предотвращения залповых выбросов в окружающую среду.

В агрегате М – 750 производства метанола неиспользуемые жидкие отходы отсутствуют.

3. Выбросы в литосферу.

Твердыми выбросами производства синтеза метанола являются: отработанный катализатор гидрирования органических сернистых соединений, отработанный катализатор конверсии метана, отработанный катализатор синтеза метанола, а также отработанные адсорбенты подготовки и очистки газов.

Данные твердые отходы производства могут быть направлены на переработку в качестве вторичного сырья или вывезены в специально организованный полигон отходов для исключения загрязнения окружающей среды.

5.3.2 Анализ влияния процесса исследования на окружающую среду

В данном разделе рассматривается характер воздействия процесса исследования на окружающую среду. Поскольку, со стороны экологической безопасности, суть работы заключается в использовании персонального компьютера, принтера, бумаги и других материальных ресурсов (ручек, карандашей и т.д.), следовательно, основное влияние на экологическую безопасность оказывают процессы их утилизации. Так, бумажные отходы оказывают влияние на литосферу. Целесообразным решением вопроса утилизации бумаги является сбор макулатуры с целью вторичной переработки.

Одним из основных ресурсов, необходимым при выполнении работ являются различные источники света. Аудитория, в которой осуществлялась разработка технологической схемы оснащена люминесцентными лампами, которые, согласно Постановлению Правительства РФ от 3 сентября 2010 г. N 681 «Об утверждении Правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда

жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде» необходимо утилизировать как ртутьсодержащие лампы.

Также значительное влияние на литосферу оказывает пластик, входящий в состав основных электронных устройств, используемых при выполнении работы.

Влияние проводимых работ на атмосферу и гидросферу минимально.

5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

5.4.1 Анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

Технологические процессы на установке М – 750 относятся к взрывопожароопасному производству, вследствие ведения технологического процесса при наличии горючих, взрывоопасных продуктов.

Причины возникновения пожара:

- возгорание взрывопожарных веществ от электроэнергии высокого напряжения;
- возгорание взрывопожарных веществ, обусловленное нарушением герметичности аппаратов и трубопроводов из-за коррозии;
- возгорание взрывопожарных веществ, обусловленное их возможностью накапливать заряды статического электричества при транспортировании.

Мероприятия для обеспечения безаварийной работы установки [21]:

- все стадии технологического процесса непрерывны и склонны к устойчивому протеканию;
- при соблюдении правил эксплуатации процесс не обладает возможностью взрыва внутри технологической аппаратуры;
- контроль и управление процессом осуществляется автоматически и дистанционно из операторной с использованием электронной системы приборов;

Общие мероприятия для предотвращения пожара:

- оповестить пожарную охрану;
- сообщить руководству предприятия;
- включить сигнализацию, системы дымоудаления, пожаротушения;
- обеспечить эвакуацию работников, не участвующих в ликвидации пожара.

На установке М – 750 предусмотрены средства пожаротушения [22], (огнетушители – пенные ОВЭ-10 в количестве 3 шт., ОВП-10 в количестве 3 шт., углекислотные ОУ-5 в количестве 4 шт., ОУ-8 в количестве 4 шт.; кошмы, ящики с песком, лопаты и т.д.); стационарная система пенотушения открытой насосной; водяная оросительная система колонных аппаратов; пожарные краны в помещении компрессорной.

Согласно [23] пожарная безопасность соответствует допустимым нормам.

5.4.2 Анализ вероятных ЧС, которые могут возникнуть при проведении исследований и обоснование мероприятий по предотвращению ЧС

При возникновении ЧС мирного времени (опасные природные явления, техногенные аварии) согласно [23] на территории Томской области наиболее вероятны следующие природные явления, создающие чрезвычайные ситуации и опасность при работе с ПК:

- Шторм со скоростью ветра 24,5–32,6 м/с и ураганы со скоростью ветра свыше 33 м/с могут привести к значительным и катастрофическим разрушениям и поломкам стволов деревьев, что может быть причиной нарушения и повреждения линий электропередач.
- Продолжительные сильные дожди с количеством осадков 100 мм и более за период более 12 ч и менее 48 ч.

Основную опасность для помещений, оборудованных ПЭВМ на территории г. Томска могут также представлять грозовые явления, при прямом попадании молнии может возникнуть пожар, произойти разрушение оборудования, поражение и гибель людей. Поэтому в случае грозовых явлений

предусмотрена молниезащита (система, обеспечивающая перехват молнии и отвод ее в землю, тем самым, защищая здание (сооружение) от повреждения и пожара).

Для 2 корпуса ТПУ одна из наиболее вероятных ЧС это опасные гидрологические явления в виде затопления подвальных помещений, подъездных и эвакуационных путей, а также образование оползня в весенний период из-за таяния снегов. Данные вредоносные факторы могут повлиять на целостность сооружения и привести к разрушению здания. Для предотвращения ЧС разработаны инженерно-технические меры, включающие в себя: ливневые коммуникации, плановый вывоз снега, укрепления грунта насаждениями.

Наряду с другими техногенными авариями и катастрофами (пожары, взрывы, радиация, обрушение здания) в случае использования ПЭВМ необходимо рассмотреть опасность, возникающую от электричества.

Возникновение пожара считается производственной аварией, так как он наносит значительный материальный ущерб и может вызвать остановку технологического процесса. Любой пожар легче всего ликвидировать в начальной стадии, приняв меры к локализации очага, чтобы не допустить образования площади горения. Успех быстрой локализации очага пожара в начальной стадии зависит:

- от наличия огнетушительных средств и умения применять их;
- от наличия пожарной связи и сигнализации для оповещения о возникновении пожара и вызова пожарной помощи.

При загорании электрических аппаратов или веществ около проводов, находящихся под током во время тушения пожаров всегда имеется опасность поражения током. Поэтому в здании или его части, где производится тушение пожара, электрическая сеть должна быть отключена.

В случае поступления сигнала об эвакуации необходимо: обесточить все электроприборы, находящиеся на рабочем месте, перекрыть кран подачи

воды, выключить освещение. Выходя из лаборатории необходимо выключить общий рубильник.

В случае стихийного бедствия или военного конфликта необходимо эвакуироваться. При стихийном бедствии необходимо оповестить всех работников об угрозе возникновения бедствия. К числу мероприятий по предотвращению и максимальному снижению последствий от стихийных бедствий относятся: строгое соблюдение специфических мер безопасности, 86 оповещение населения, специальная подготовка и оснащение формирований, оказание своевременной медицинской помощи пострадавшим

Вывод:

В данном разделе ВКР проведен анализ проекта с точки зрения социальной ответственности за моральные, общественные, экономические, экологические возможные негативные последствия. Работы выполнены в соответствии с нормативными документами и требованиями.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Refinitiv [Электронный ресурс]: Краткий обзор российского рынка метанола по итогам 2019 года – Режим доступа: <https://www.refinitiv.ru/blog/market-insights/kratkij-obzor-rossijskogo-rynka-metanola-po-itogam-2019/>
- 2 Рынок метанола: текущая ситуация и перспективы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ey.com/ru_ru/industrial-products/ey-methanol-market-overview
- 3 BUSINESSSTAT [Электронный ресурс]: Анализ мирового рынка метанола в 2013 – 2017 гг, прогноз на 2018 – 2022 гг. – Режим доступа: <http://marketing.rbc.ru>
- 4 Караваев М. М. Технология синтетического метанола / М. М. Караваев [и др.]. — Москва: Химия, 1984.
- 5 Чернышев А.К. Метанол: свойства, производство, применение / А. К. Чернышев [и др.] ; Инфохим . — Москва : Инфохим , 2011 т. 1 — 2011. — 411 с.
- 6 Сазонов И.В. Катализаторы синтеза метанола. // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2010. - №2. – с. 117 – 122.
- 7 Академия Конъюнктуры Промышленных Рынков. Обзор современных катализаторов синтеза метанола [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — URL: http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=883
- 8 Шуб В.С., Кузнецов В.Д., Иванова Р.А., Снаговский Ю.С., Темкин М.И. Кинетика синтеза метанола на медьсодержащем катализаторе // Кинетика и катализ. – 1985. – Т. 26. – №2. – С. 349–355.
- 9 Попок Е.В., Юрьев Е.М., Кравцов А.В. Исследование синтеза метанола на моделирующей программе // Издательство Томского политехнического университета. – 2011 г
- 10 Кемалов Р.А. Технологии получения и применения метанола: учебное пособие / Р.А. Кемалов, А.Ф. Кемалов Р. - Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2017. –167с

- 11 Электронный Интернет-ресурс. Реакторы для синтеза метанола при низком давлении. <http://e-him.ru/?page=dynamic§ion=49&article=531>
- 12 Розовский А.Я., Лин Г.И. Теоретические основы процесса синтеза метанола. – М.:Химия, 1990. – 272 с.
- 13 Гаврикова Н.А., Тухватулина Л.Р., Видяев И.Г. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, Издательство Томского политехнического университета, 2014 год.
- 14 Приказ от 12апреля 2011г. N 302н – «Об утверждении перечня вредных и(или)опасных производственных факторов и работ, при выполнении которых проводятся предварительные и периодические медицинские осмотры (обследования), и порядка проведения обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров(обследований) работников, занятых на тяжелых работах с вредными и (или) опасными условиями труда».
- 15 Конституция Российской Федерации (принята всенародным голосованием 12.12.1993) (с учетом поправок, внесенных Законами РФ о поправках к Конституции РФ от 30.12.2008 № 6-ФКЗ, от 30.12.2008 № 7- 95 ФКЗ, от 05.02.2014 № 2-ФКЗ, от 21.07.2014 № 11-ФКЗ) // Собрание законодательства РФ. - 04.08.2014. - № 31. - ст. 4398; Официальный интернет-портал правовой информации - <http://pravo.gov.ru/> - 2014. - 21 июля.
- 16 Федеральный закон от 17.07.1999 N 181-ФЗ "Об основах охраны труда в Российской Федерации" (ред. от 09.05.2005, с изм. от 26.12.2005) // СПС Консультант.
- 17 ГОСТ 12.0.003-2015. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. - М.: Стандартинформ, 2010. – 20с.
- 18 ГОСТ 12.1.003-2014. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности. - М.: Стандартинформ, 2015. – 28с.
- 19 СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение»
- 20 ГОСТ Р 12.1.019-2009 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты.

21 Горячев С.А., Клубань В.С. Пожарная профилактика технологических процессов производств. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1983.

22 Приказ Ростехнадзора от 25.03.2014 N 116 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/542627299> (дата обращения 05.05.2020).

23 СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений (с Изменениями N 1, 2). - М.: ГУП ЦПП, 2002. – 38с.

24 Евсеева Н.С., Ромашова Т.В. Опасные метеорологические явления как составная часть природного риска (на примере юга Томской области) // Вестник Томского государственного университета. – 2011. – №353. – с. 199-204.